



**PENGEMBANGAN MODEL BATERAI TIMBAL
ASAM BERBASIS RBFNN (*RADIAL BASIC
FUNCTION NEURAL NETWORK*)**

SKRIPSI

Oleh

**Husin Mustafa Al-Atas
NIM 101910201108**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2015



**PENGEMBANGAN MODEL BATERAI TIMBAL
ASAM BERBASIS RBFNN (*RADIAL BASIC
FUNCTION NEURAL NETWORK*)**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat – syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**Husin Mustafa Al-Atas
NIM 101910201108**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2015

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberikan limpahan nikmat yang sangat luar biasa kepada penulis, dan tidak lupa juga sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Mama/Ibu Alwiyah dan Baba/Bapak Mustafa yang selalu mendoakan dan selalu mendukung baik secara moral dan materi.
2. Keluarga besar penulis yang telah memberikan doa serta menjadi motivasi penulis untuk sukses.
3. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T. selaku DPU dan Bapak Satryo Budi Utomo, S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikirannya seta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesainya skripsi ini.
4. Almamater Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember
5. Pihak-pihak yang membaca serta menjadikan skripsi ini sebagai referensi penelitiannya.
6. Serta pihak-pihak lain yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

MOTTO

“Do not judge me by my successes, judge me by how many times I fell down and got back up again”

(Nelson Mandela)

“Jenius adalah 1 % inspirasi dan 99 % keringat. Tidak ada yang dapat menggantikan kerja keras”

(Thomas Alva Edison)

“Cobalah untuk tidak menjadi orang yang berhasil. Tetapi jadilah orang yang berguna”

(Albert Einstein)

“Barang siapa yang menghabiskan waktu berjam-jam lamanya untuk mengumpulkan harta karena takut miskin, maka dialah sebenarnya orang yang miskin”

(Imam Al Ghazali)

“Ketika seseorang menghina kamu, itu adalah sebuah pujian bahwa selama ini mereka menghabiskan banyak waktu untuk memikirkan kamu, bahkan ketika kamu tidak memikirkan mereka”

(BJ Habibie)

“Barang siapa yang tidak mau duduk dengan orang beruntung, bagaimana mungkin ia akan beruntung dan barang siapa yang duduk dengan orang beruntung bagaimana mungkin ia tidak akan beruntung”

(Habib Umar Bin Hafidz)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Husin Mustafa Al-Atas

NIM : 101910201108

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*pengembangan model baterai timbal asam berbasis RBFNN (radial basic function neural network)*” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Februari 2015

Yang menyatakan,



Husin Mustafa Al-Atas

NIM 101910201108

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : “*Pengembangan Model Baterai Timbal Asam Berbasis RBFNN (Radial Basic Function Neural Network)* “ telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember pada :

hari,tanggal : Jumat, 20 Februari 2015

tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua,



Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T.
NIP 19710402 200312 1 001

Sekretaris,



Satryo Budi Utomo, S.T.,M.T.
NIP 19850126 200801 1 002

Anggota I,



Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

Anggota II,



Sumardi, S.T.,M.T.
NIP 19670113 199802 1 001

Mengesahkan,
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

**PENGEMBANGAN MODEL BATERAI TIMBAL ASAM BERBASIS
RBFNN (*RADIAL BASIC FUNCTION NEURAL NETWORK*)**

Husin Mustafa Al-Atas

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Perkembangan mobil listrik saat ini berlangsung sangat pesat. Namun dalam prosesnya, mobil listrik memiliki beberapa kendala. Kendala tersebut adalah baterai, hampir keseluruhan energi yang dibutuhkan oleh mobil listrik bergantung pada baterai. Karena itu kebutuhan akan baterai yang handal memegang peranan yang sangat penting. Penelitian ini memacu pada baterai timbal asam dimana baterai jenis ini merupakan baterai sekunder yang paling banyak dikembangkan di dunia dan baterai ini pula banyak digunakan untuk aplikasi otomotif. Kapasitas baterai timbal asam ditentukan oleh banyaknya muatan listrik yang dapat diperoleh dari baterai dan besarnya tergantung pada bahan aktif yang ada pada plat. Mengacu pada permasalahan – permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini akan dirancang pengembangan model baterai timbal asam berbasis RBFNN (*radial basic function neural network*). Dengan menggunakan metode ini maka model baterai yang diperlukan oleh mobil listrik dapat segera diketahui. Kekhawatiran akan pemakaian mobil listrik yang tiba – tiba kehabisan energi listrik diperjalanan dapat diantisipasi dengan metode ini. Dalam penelitian ini menggunakan 3 input yaitu arus, tegangan, dan target. Hasil pengujian data checking pada matlab didapatkan nilai error persen terkecil pada data ke-10 sebesar 0,02% sedangkan nilai error terbesar pada data ke-2 sebesar -7,35%. Sedangkan pada pengujian sistem nilai error paling besar terdapat pada beban 25W sebesar 7,92% sedangkan error persen terkecil terdapat pada beban 78W sebesar 1,35%. Pengujian sistem keakuratan permalan menggunakan algoritma RBFNN (*radial basic function neural network*) lebih baik dari pada data percobaan yang dilakukan secara manual dengan rata – rata error persennya yang masing – masing sebesar 4,06% dan 6,54%.

Kata kunci: *mobil listrik, baterai timbal asam, kapasitas baterai, radial basic function neural network*

**DEVELOPMENT MODEL OF LEAD ACID BATTERY BASED ON
RBFNN (*RADIAL BASIC FUNCTION NEURAL NETWORK*)**

Husin Mustafa Al-Atas

Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, University of Jember

ABSTRACT

Currently the development of electric vehicle is very rapidly. But in the progress, electric vehicle have several problems. These problems are batteries, almost all of the energy required by the electric vehicle depends on the battery. Hence the requirement for a battery have an important role. This study refers to the lead acid battery which this kind of battery is a secondary battery that is most developed in the world and is also widely used for automotive applications. Lead acid battery capacity is determined by the amount of electrical charge which can be obtained from the battery and the amount depends on the active composition which is on the plate. Referred to the problems above, in this study will be designed the development of lead acid battery model based on RBFNN (*radial basic function neural network*). By using this method, the battery model required by the electric vehicle can be immediately known. Concerns of using electric vehicle that suddenly run out of electrical energy can be anticipated with this method. In this research using 3 inputs are current, voltage, and target. The results of data checking in matlab obtained the smallest value is 0.0% at data 10 while the largest error value is -7.35% at data 2. While the testing system error greatest value contained in the 25W load is 7.92%, while the smallest error percent contained at 78W load is 1.35%. Testing the accuracy of the forecasting system using RBFNN algorithm (*radial basis function neural network*) is better than the experimental data that is done manually with the average error percent is 4.06% and 6.54%.

Keywords: *electric vehicle, lead acid batteries, battery capacity, radial basic function neural network*

RINGKASAN

Pengembangan Model Baterai Timbal Asam Berbasis RBFNN (*Radial Basic Function Neural Network*); Husin Mustafa Al-Atas; 101910201108; 2015; 45 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Perkembangan mobil listrik saat ini berlangsung sangat pesat. Namun dalam prosesnya, mobil listrik memiliki beberapa kendala. Kendala tersebut adalah baterai, hampir keseluruhan energi yang dibutuhkan oleh mobil listrik bergantung pada baterai. Baterai sebagai sumber energi pada mobil listrik merupakan suatu sel elektrokimia yang terdiri dari empat komponen dasar yaitu plat positif, plat negatif, larutan elektrolit, dan separator atau pemisah yang berfungsi sebagai isolasi antara elektroda positif dan negatif. Baterai asam timbal adalah baterai sekunder yang paling banyak dikembangkan di dunia. Baterai jenis ini pertama kali ditemukan oleh Gaston Planté pada tahun 1859. Baterai asam timbal banyak digunakan untuk aplikasi otomotif, sehingga dinamakan juga sebagai baterai SLI (*Starting, Lightning and Ignition*). Penggunaan masal baterai jenis SLI dikarenakan material untuk membuat baterai tersebut cukup murah namun baterai memiliki performa cukup baik. Akan tetapi, untuk aplikasi yang membutuhkan daya yang lebih tinggi dengan waktu yang relatif lama, baterai SLI tidak dapat digunakan. Hal ini karena baterai asam timbal hanya memiliki kedalaman pelepasan muatan listrik (*Depth of Discharge* – DOD) sebesar 50 % saja. Kapasitas baterai ditentukan oleh banyaknya muatan listrik yang dapat diperoleh dari suatu baterai dan besarnya tergantung pada bahan aktif yang ada pada plat.

Karena itu kebutuhan akan baterai yang handal memegang peranan yang sangat penting. Kondisi ini makin penting ketika mobil listrik digunakan di jalan raya. Saat di jalan raya kecepatan mobil listrik tidak konstan hal ini membuat motor listrik sebagai penggerak utama mobil listrik membutuhkan banyak energi pada saat kondisi starting jika tidak diatasi masalah ini maka baterai akan segera habis. Dengan keadaan yang seperti ini membuat pengguna mobil listrik tidak nyaman. Untuk mengatasi ini diperlukan pengembangan model baterai cerdas yang dapat memetakan kondisi baterai dengan beban yang dibutuhkan untuk mengetahui kapan baterai harus diisi ataupun diganti.

Mengacu pada permasalahan – permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini akan dirancang pengembangan model baterai timbal asam berbasis RBFNN (*radial basis function neural network*). Dengan menggunakan metode ini maka model baterai yang diperlukan oleh mobil listrik dapat segera diketahui. Kekhawatiran akan pemakaian mobil listrik yang tiba-tiba kehabisan energi listrik diperjalanan dapat diantisipasi dengan metode ini.

. Dalam penelitian ini menggunakan 3 input yaitu arus, tegangan, dan target. Hasil pengujian data checking pada matlab didapatkan nilai error persen terkecil pada data ke-10 sebesar 0,02% sedangkan nilai error terbesar pada data ke-2 sebesar -7,35%. Sedangkan pada pengujian sistem nilai error paling besar terdapat pada beban 25W sebesar 7,92% sedangkan error persen terkecil terdapat pada beban 78W sebesar 1,35%. Pengujian sistem keakuratan permalan menggunakan algoritma RBFNN (*radial basic function neural network*) lebih baik dari pada data percobaan yang dilakukan secara manual dengan rata – rata error persennya yang masing – masing sebesar 4,06% dan 6,54%.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*pengembangan model baterai timbal asam berbasis RBFNN (radial basic function neural network)*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan rizki-Nya serta memberi kelancaran dan kemudahan sehingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember yang memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Satryo Budi Utomo, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran guna memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. dan Sumardi, S.T., M.T. selaku Tim Penguji yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen yang ada di Fakultas Teknik khususnya Teknik Elektro beserta karyawan.
6. Mama/Alwiyah, dan Baba/Mustafa, serta keempat kakak saya Mia, Hana, Muhammad dan Ali. Terima kasih atas semua dukungan baik secara materi maupun moral dan kasih sayang serta doa restunya yang tulus kepada saya. Kalian semua tetap sabar dan selalu menyelipkan do'a untuk saya disetiap shalat, hingga terselesaikannya skripsi ini.

7. Teman-teman atau bisa dikatakan keluarga/dulur “Angkatan 18 / LOWO / 2000X” Azhu, Penyok, Parto, Mbah Mujib, Gerbong, jeMbot, Bryan, Resan. Dengan kalian senang, susah, canda tawa apapun keadaan di jember kita selalu bersama, semoga kebersamaan dan kekompakan kita tetep terjalin selamanya. Terima kasih atas dukungan dan bantuannya selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
8. *My special one*, Dixy Clasica yang selalu memberi motivasi dan semangat selama ini.
9. Teman-teman PATEK UJ 2010, yang dengan bangga mengusung slogan “Sing Penting Wani Disek !” Bangga menjadi bagian dari kalian. #SPWD.
10. Teman-teman komunitas fans club UIOJ (United Indonesia Official Jember) Hamid, Pece, Rinta, Wawan, Alex, Mas Shiro, Fajar, Mas Janu, Bagek dan masih banyak lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih telah menjadi bagian dari sejarah yang menyenangkan selama hidup saya di bumi Jember. *Glory Glory Man.United. #GGMU #UIOJ5OLID.!*
11. Teman-teman Riki, Singgih A, Gali dan Budi, terima kasih telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, Februari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Mobil Listrik.....	4
2.1.1 Pengertian Mobil Listrik.....	4
2.1.2 Prinsip Kerja Mobil Listrik.....	4
2.1.3 Pengembangan Mobil Listrik	6
2.1.4 Keuntungan dan Kerugian Mobil Listrik.....	6

2.2 Baterai Timbal Asam.....	7
2.3 Baterai Sumber Energi Mobil Listrik.....	8
2.4 Pengembangan Baterai Timbal Asam.....	10
2.5 Pemodelan Baterai Timbal Asam Berbasis <i>Neural Network</i>	10
2.5.1 Jaringan Radial Basis.....	10
2.5.2 Algoritma Pelatihan RBF secara Iteratif.....	13
2.6 Matlab.....	13
2.7 Mikrokontroler Atmega 16.....	14
2.7.1 Arsitektur Atmega 16.....	14
2.7.2 Konfigurasi Pena (PIN) Atmega 16.....	16
2.8 Sensor Arus.....	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Prosedur Penelitian.....	19
3.3 Alat dan Bahan.....	20
3.3.1 <i>Hardware</i>	20
3.3.2 <i>Software</i>	20
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.5 Perancangan Sistem / Block Diagram Sistem.....	22
3.6 Penentuan Ukuran Sistem.....	23
3.6.1 Penentuan Nilai Arus dan Tegangan.....	23
3.6.2 Penentuan Waktu Habisnya Baterai.....	23
3.7 Perancangan Algoritma <i>Radial Basic Function Neural Network</i>	23
3.8 Diagram dan <i>Flowchart</i> Alat.....	24
3.8.1 Skema Rangkaian Sensor secara Keseluruhan.....	24
3.8.2 <i>Flowchart</i> Alat.....	25
3.9 Gambar Alat.....	26
3.10 Flowchart Sistem Keseluruhan.....	27

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Simulasi Matlab menggunakan <i>Radial Basic Function Neural Network</i>	29
4.2 Analisis Perhitungan Matematika <i>Radial Basic Function Neural Network</i>	34
4.2.1 Penentuan Nilai <i>Input</i> RBFNN.....	35
4.2.2 Penentuan Nilai <i>Center</i>	35
4.2.3 Menghitung Nilai Fungsi Aktifasi dengan Fungsi Gaussian	35
4.2.4 Matriks Gaussian	36
4.2.5 Menentukan Rumus <i>Output</i> Jaringan RBFNN.....	37
4.3 Pengujian Sensor	37
4.4 Pengujian Kondisi Baterai	39
4.4.1 Pengujian Beban 35 Watt	40
4.5 Pengujian Sistem	41
4.5.1 Perbandingan Data Percobaan dengan Data Sistem RBFNN	43
BAB 5 Penutup	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Fungsi pin sensor arus ACS712	18
Tabel 4.1 Hasil pengujian menggunakan RBFNN.....	29
Tabel 4.2 Hasil pengujian terhadap data <i>checking</i>	34
Tabel 4.3 Nilai <i>input</i> RBFNN	35
Tabel 4.4 Data hasil pengujian sensor ACS721	39
Tabel 4.5 Data hasil pengujian beban 35 watt	40
Tabel 4.6 Data hasil pengujian sistem	42
Tabel 4.7 Data waktu habis baterai dan <i>error</i> sistem.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema mobil listrik	5
Gambar 2.2 Baterai timbal asam.....	8
Gambar 2.3 Konfigurasi mobil listrik.....	9
Gambar 2.4 Struktur dasar jaringan syaraf RBF	11
Gambar 2.5 Operasi jaringan syaraf RBF dengan 2 masukan	11
Gambar 2.6 Fungsi gaussian	12
Gambar 2.7 Block digram Atmega 16	15
Gambar 2.8 Pena – pena Atmega 16.....	16
Gambar 2.9 IC ACS712	17
Gambar 2.10 Konfigurasi pin ACS712.....	17
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3.2 Perancangan sistem dan algoritma <i>radial basic function</i> <i>neural network</i> (RBFNN).....	22
Gambar 3.3 Rangkaian sensor arus secara keseluruhan.....	24
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> alat	25
Gambar 3.5 Alat monitoring kapasitas baterai berbasis RBFNN	25
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> sistem keseluruhan.....	27
Gambar 4.1 Regresi linear target dan <i>output</i> jaringan data <i>training</i>	31
Gambar 4.2 Perbandingan target dan <i>output</i> jaringan data <i>training</i>	32
Gambar 4.3 Regresi linier target dan <i>output</i> jaringan data <i>checking</i>	33
Gambar 4.4 Perbandingan target dan <i>output</i> jaringan data <i>training</i>	34
Gambar 4.5 Pembacaan arus pada beban 25W,avometer(A),lcd(B)	38
Gambar 4.6 Pembacaan arus pada beban 18W,avometer(A),lcd(B)	38
Gambar 4.7 Grafik hubungan tegangan dengan waktu beban 35 watt	40
Gambar 4.8 Data hasil pengujian dengan beban 25W	41
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara arus dengan waktu habis baterai.....	42
Gambar 4.10 Grafik hubungan daya dengan waktu habisnya baterai.....	44

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobil merupakan sarana transportasi yang diperlukan untuk mobilitas penduduk. Pada umumnya mobil yang ada di Indonesia berbahan bakar minyak (BBM) yang berasal dari fosil, merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan tidak berkelanjutan. Mobil dengan BBM berkembang sangat cepat sehingga kebutuhan BBM semakin lama semakin meningkat. Sementara itu cadangan BBM kian menipis (Kaloko et al, 2011).

Para era pemansaan global saat ini diperlukan penghematan BBM untuk mengurangi emisi gas rumah kaca terutama penggunaan BBM pada transportasi oleh sebab itu pemerintah melakukan kebijakan penghematan ini. dari permasalahan ini perlu mencari solusi untuk mencari sumber energi alternatif untuk digunakan pada alat transportasi seperti mobil untuk penghematan BBM dan mengurangi ketergantungan pada BBM tersebut. salah satu cara dengan membuat mobil listrik.

Perkembangan mobil listrik saat ini berlangsung sangat pesat. Namun dalam prosesnya, mobil listrik memiliki beberapa kendala. Kendala tersebut adalah baterai, hampir keseluruhan energi yang dibutuhkan oleh mobil listrik bergantung pada baterai.

Baterai sebagai sumber energi pada mobil listrik merupakan suatu sel elektrokimia yang terdiri dari empat komponen dasar yaitu plat positif, plat negatif, larutan elektrolit, dan separator atau pemisah yang berfungsi sebagai isolasi antara elektroda positif dan negatif. Reaksi kimia diantara plat-plat dengan larutan elektrolit akan menghasilkan potensial listrik. Kapasitas baterai ditentukan oleh banyaknya muatan listrik yang dapat diperoleh dari suatu baterai dan besarnya tergantung pada bahan aktif yang ada pada plat (Kiehne, H. A, 2003).

Karena itu kebutuhan akan baterai yang handal memegang peranan yang sangat penting. Kondisi ini makin penting ketika mobil listrik digunakan di jalan raya. saat di jalan raya kecepatan mobil listrik tidak konstan hal ini membuat motor listrik sebagai penggerak utama mobil listrik membutuhkan banyak energi pada

saat kondisi starting jika tidak diatasi masalah ini maka baterai akan segera habis. dengan keadaan yang seperti ini membuat pengguna mobil listrik tidak nyaman. untuk mengatasi ini diperlukan pengembangan model baterai cerdas yang dapat memetakan kondisi baterai dengan beban yang dibutuhkan untuk mengetahui kapan baterai harus diisi ataupun diganti.

Mengacu pada permasalahan – permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini akan dirancang pengembangan model baterai timbal asam berbasis RBFNN (*radial basis function neural network*). Dengan menggunakan metode ini maka model baterai yang diperlukan oleh mobil listrik dapat segera diketahui. Kekhawatiran akan pemakaian mobil listrik yang tiba-tiba kehabisan energi listrik diperjalanan dapat diantisipasi dengan metode ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diteliti pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem pemodelan baterai timbal asam berbasis *radial basis function neural network* (RBFNN)?
2. Bagaimana merancang sistem simulink monitoring kapasitas baterai secara online berbasis *radial basis function neural network* (RBFNN)?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas maka pembahasan dibatasi pada :

1. Data pengujian yang diambil hanya pada arus, beban dan lama waktu habisnya baterai.
2. *Neural network* menggunakan metode RBF (*radial basis function*)
3. Menganalisis lama waktu habisnya baterai berdasarkan arus beban
4. Kapasitas baterai 45Ah
5. Beban mobil listrik diganti dengan lampu dengan 3 kondisi yaitu saat starting, konstan dan pengeriman.
6. Arus yang digunakan dalam *range* 1 – 10 A

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian berdasarkan perumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan model baterai timbal asam menjadi model baterai yang berbasis *radial basis function neural network*.
2. Merancang sistem monitoring pada kapasitas baterai secara online dan mengetahui waktu habisnya baterai timbal asam berbasis *radial basis function neural network*

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan mengembangkan model baterai berbasis *radial basis function neural network* (RBFNN) diharapkan dapat meningkatkan kinerja mobil listrik.
2. Target dihasilkan model baterai timbal asam *neural network* dapat di aplikasikan sebagai sumber energi mobil listrik.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

Bab satu berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembahasan, manfaat pembahasan dan sistematika pembahasan.

Bab dua tinjauan pustaka yang berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan pendapat-pendapat atau hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka.

Bab tiga metodologi penelitian menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

Bab empat hasil dan pembahasan berisi hasil penelitian dan analisa hasil penelitian.

Bab lima penutup berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

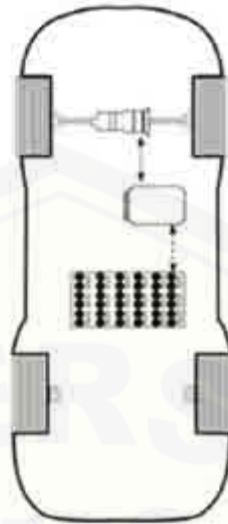
2.1 Mobil Listrik

2.1.1 Pengertian Mobil Listrik

Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya. Mobil listrik sangat populer pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20, tapi kemudian popularitasnya meredup karena teknologi mesin pembakaran dalam yang semakin maju dan harga kendaraan berbahan bakar bensin yang semakin murah. Krisis energi pada tahun 1970-an dan 1980-an pernah membangkitkan sedikit minat pada mobil-mobil listrik, tapi baru pada tahun 2000-an lah para produsen kendaraan baru menaruh perhatian yang serius pada kendaraan listrik. Hal ini disebabkan karena harga minyak yang melambung tinggi pada tahun 2000-an serta banyak masyarakat dunia yang sudah sadar akan buruknya dampak emisi gas rumah kaca. Sampai bulan November 2011, model-model listrik yang tersedia dan dijual di pasaran beberapa negara adalah Tesla Roadster, REVAi, Renault Fluence Z.E., Buddy, Mitsubishi MiEV, Tazzari Zero, Nissan Leaf, Smart ED, Wheego Whip LiFe, Mia listrik, dan BYD e6. Nissan Leaf, dengan penjualan lebih dari 20.000 unit di seluruh dunia (sampai November 2011), dan Mitsubishi i-MiEV, dengan penjualan global lebih dari 17.000 unit (sampai Oktober 2011), adalah kedua mobil listrik paling laris di dunia.

2.1.2 Prinsip Kerja Mobil Listrik

Berbeda dengan mobil mesin pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar cair sebagai sumber energi, mobil listrik menggunakan motor listrik untuk penggerak dengan baterai sebagai sumber energinya (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Skema mobil listrik

(Sumber : <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2012.03.172>)

Mobil listrik terdiri dari tiga sub-sistem utama:

- Sistem penggerak motor listrik – pengendali mobil, konverter elektronika daya, motor listrik dan transmisi;
- Sistem baterai – baterai, Sistem Manajemen Baterai dan unit pengisian;
- Sistem pembantu – pemanas/pendingin, pompa elektronika dan pembantu elektronika lainnya.

Prinsip kerja mobil listrik adalah sebagai berikut. Input pengendali diperoleh dari pedal akselerator dan rem. Pengendali ini menyediakan sinyal yang sesuai ke konverter daya elektronika yang mengatur aliran daya antara motor listrik dan baterai. Motor juga memainkan peran generator, yang mengkonversi energi pengereman menjadi elektron dan mengisi baterai. Unit manajemen energi, bekerja sama dengan pengendali mobil, mengendalikan pengereman regenerasi dan rekoverti energi. Motor listrik menghasilkan torsi yang besar dari keadaan mobil berhenti. Hal ini menghasilkan kinerja yang sangat bagus. Percepatan dan daya mobil listrik jauh melampaui mobil mesin pembakaran dalam.

2.1.3 Pengembangan Mobil Listrik

Kemajuan signifikan telah dicapai dalam pengembangan mobil listrik. Namun, masih ada beberapa tantangan utama yang harus diatasi, antara lain:

- Menurunkan harga – Saat ini baterai ion lithium dengan kapasitas penyimpan 35 kWh harganya sekitar USD 30.000. Ini harus bisa diturunkan menjadi sepertiganya di masa mendatang. Jadi, menekan harga baterai merupakan tantangan kunci pengembangan mobil listrik.
- Memperbaiki keamanan – Bahan katoda baterai lithium berbasis kobalt dan nikel saat ini memiliki isu penting berkenaan dengan pengisian berlebih. Pengendalian tegangan pada tingkat sel, modul dan baterai adalah hal kritis untuk mencegah pengisian berlebih. Namun, semua faktor ini tidak dapat dihindari akan menaikkan harga baterai lithium. Katoda lithium besi fosfat menawarkan masa depan yang menjanjikan tetapi dengan energi spesifik dan densitas daya yang lebih rendah.
- Memperpanjang umur baterai – Baterai mobil listrik harus paling sedikit berumur 10 tahun atau 240.000 km pada berbagai kondisi.
- Mempersingkat waktu pengisian sampai beberapa menit dan menyediakan fasilitas pengisian yang lebih baik.
- Memperkecil ukuran dan berat paket baterai.

Dibandingkan dengan masalah yang dihadapi oleh baterai, tantangan untuk motor pengendali untuk mobil listrik mungkin relatif kecil, dengan pengembangan tetap diarahkan untuk meningkatkan efisiensi dan kehandalan.

2.1.4 Keuntungan dan Kerugian Mobil Listrik

Mobil listrik memiliki beberapa kelebihan yang potensial jika dibandingkan dengan mobil bermesin pembakaran dalam biasa. Yang paling utama adalah mobil listrik tidak menghasilkan emisi kendaraan bermotor. Selain itu, mobil jenis ini juga mengurangi emisi gas rumah kaca karena tidak membutuhkan bahan bakar fosil sebagai penggerak utamanya. Pada akhirnya, ketergantungan minyak dari luar negeri pun berkurang, karena bagi beberapa negara maju seperti Amerika Serikat dan banyak negara Eropa, kenaikan

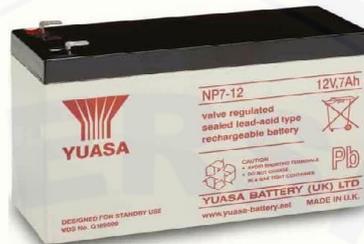
harga minyak dapat memukul ekonomi mereka. Bagi negara berkembang, harga minyak yang tinggi semakin memberatkan neraca pembayaran mereka, sehingga menghambat pertumbuhan ekonomi mereka.

Meskipun mobil listrik memiliki beberapa keuntungan potensial seperti yang telah disebutkan di atas, tapi penggunaan mobil listrik secara meluas memiliki banyak hambatan dan kekurangan. Sampai pada tahun 2011, harga mobil listrik masih jauh lebih mahal bila dibandingkan dengan mobil bermesin pembakaran dalam biasa dan kendaraan listrik hibrida karena harga baterai ion litium yang mahal. Meskipun begitu, saat ini harga baterai mulai turun karena mulai diproduksi dalam jumlah besar. Faktor lainnya yang menghambat tumbuhnya penggunaan mobil listrik adalah masih sedikitnya stasiun pengisian untuk mobil listrik, ditambah lagi ketakutan pengemudi akan habisnya isi baterai mobil sebelum mereka sampai di tujuan. Beberapa pemerintah di beberapa negara di dunia telah menerbitkan beberapa insentif dan aturan untuk menanggulangi masalah ini, yang tujuannya untuk meningkatkan penjualan mobil listrik, untuk membiayai pengembangan teknologi mobil listrik sehingga harga baterai dan komponen mobil bisa semakin efisien. Pemerintah Amerika Serikat telah memberikan dana hibah sebesar US\$2,4 miliar untuk pengembangan mobil listrik dan baterai. Pemerintah China mengumumkan bahwa mereka akan menyediakan dana sebesar US\$15 milyar untuk memulai industri mobil listrik di negaranya. Beberapa pemerintah lokal dan nasional di banyak negara telah menerbitkan kredit pajak, subsidi, dan banyak insentif lainnya untuk mengurangi harga mobil listrik dan mobil plug-in.

2.2 Baterai Timbal Asam

Baterai asam timbal adalah baterai sekunder yang paling banyak dikembangkan di dunia. Baterai jenis ini pertama kali ditemukan oleh Gaston Planté pada tahun 1859. Baterai asam timbal banyak digunakan untuk aplikasi otomotif, sehingga dinamakan juga sebagai baterai SLI (*Starting, Lightning and Ignition*). Penggunaan masal baterai jenis SLI dikarenakan material untuk membuat baterai tersebut cukup murah namun baterai memiliki

performa cukup baik. Akan tetapi, untuk aplikasi yang membutuhkan daya yang lebih tinggi dengan waktu yang relatif lama, baterai SLI tidak dapat digunakan. Hal ini karena baterai asam timbal hanya memiliki kedalaman pelepasan muatan listrik (*Depth of Discharge* – DOD) sebesar 50 % saja.



Gambar 2.2 Baterai timbal asam
(Sumber : hudaya.wordpress.com)

2.3 Baterai Sumber Energi Mobil Listrik

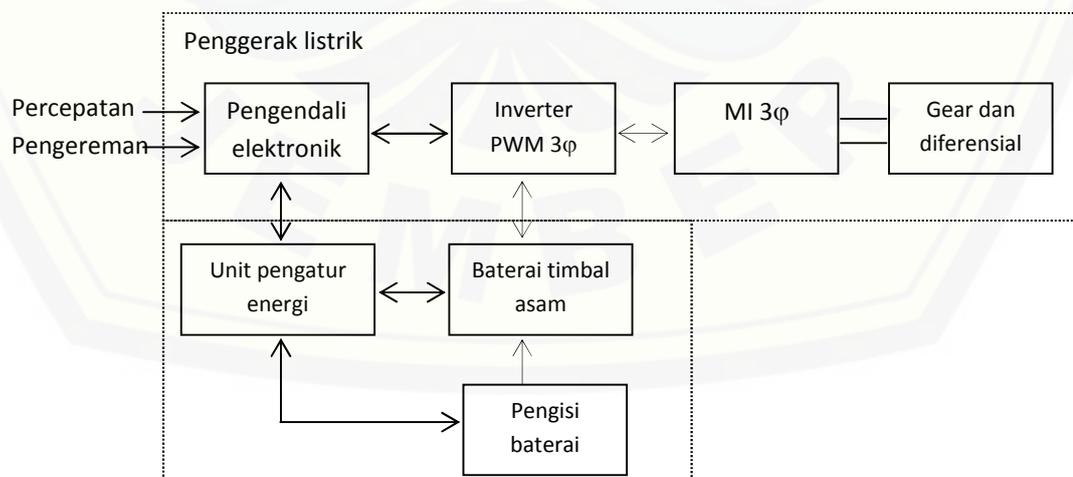
Baterai adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversibel*, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

Baterai pada mobil listrik berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem *starter*, sistem penggerak motor, lampu-lampu dan komponen-komponen kelistrikan lainnya. Jumlah tenaga listrik yang disimpan dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan ampere jam (AH). Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 ampere, maka kapasitas baterai tersebut setelah 1 jam akan kosong (habis). Kapasitas baterai tersebut juga dapat menjadi kosong setelah 2 jam jika arus pemakaian hanya 30 ampere. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh

besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan baterai, dan sebaliknya, semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama pula baterai mengalami pengosongan. Besarnya kapasitas baterai sangat ditentukan oleh luas permukaan plat atau banyaknya plat baterai. Jadi dengan bertambahnya luas plat atau dengan bertambahnya jumlah plat baterai maka kapasitas baterai juga akan bertambah. Sedangkan tegangan baterai ditentukan oleh jumlah daripada sel baterai, dimana satu sel baterai biasanya dapat menghasilkan tegangan kira-kira 2 sampai 2,1 volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap-tiap sel. Jika baterai mempunyai enam sel, maka tegangan baterai standar tersebut adalah 12 volt sampai 12,6 volt.

Konfigurasi mobil listrik seperti diagram blok pada gambar di bawah, terdiri dari penggerak listrik dan sumber energi. Subsistem penggerak listrik terdiri dari pengendali elektronik, inverter PWM, MI 3 ϕ , dan Gear dan diferensial.

Peranan baterai pada mobil listrik sangat penting karena menentukan seberapa besar energi yang dapat digunakan oleh mobil listrik dan juga menentukan seberapa banyak energi listrik yang dapat disimpan dalam baterai. Dalam mendesain mobil listrik sistem pengaturan daya dan energi listrik sangat penting. Sistem baterai yang digunakan pada mobil listrik harus memiliki daya yang tinggi, energi yang tinggi, serta memiliki usia pakai yang lama.



Gambar 2.3 Konfigurasi mobil listrik

2.4 Pengembangan Baterai Timbal Asam

Baterai Timbal Asam merupakan penelitian yang sudah banyak dilakukan yaitu oleh Bambang Sri Kaloko melakukan studi penentuan kapasitas baterai dengan metode coulometri (Kaloko, 2010). Sedangkan peta *state of charge* pada baterai juga telah diteliti dengan menggunakan mekanisme learning (Lee et al, 2007). Bambang Sri Kaloko, Soebagio, M.H. Purnomo juga telah berhasil mengimplementasikan pemodelan baterai asam / lead acid battery untuk mobil listrik (Kaloko et al, 2009, 2011). Kemudian Bambang Sri Kaloko dan M. Haddin mengembangkan metode pengaturan kecepatan motor dengan teknologi switching kontroler (Kaloko, Haddin, 2007). Bambang Sri Kaloko, Soebagio, M.H. Purnomo juga berhasil melakukan pemodelan aliran daya pada sistem energi mobil listrik. Bambang Sri Kaloko, Soebagio, M.H. Purnomo menggabungkan hasil-hasil karya mereka dengan membuat sistem pengaturan motor induksi berbasis komputer (Kaloko et al, 2011). Sehingga membuat permasalahan sumber energi listrik dari baterai timbal asam yang digunakan untuk mobil listrik dapat diselesaikan dan terus disempurnakan.

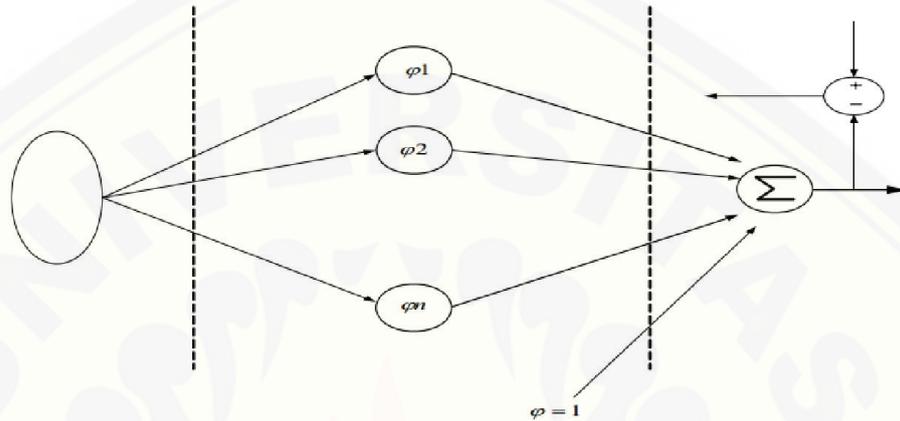
Berawal dari kegiatan tersebut maka dicoba untuk melakukan penelitian pada baterai timbal asam yang digunakan sebagai sumber energi mobil listrik berbasis kecerdasan buatan dengan algoritma jaringan radial basis. Kegiatan ini diawali dengan penelitian dasar tentang baterai, memodelkan baterai dan beberapa hasil penelitian aplikasi. Kemudian dengan menerapkan metode jaring syaraf tiruan (Kaloko et al, 2011) dan fuzzy logic (Lee et al, 2007) diharapkan hasil penelitian ini dapat menghasilkan baterai cerdas yang dapat meningkatkan kinerja mobil listrik.

2.5 Pemodelan Baterai Timbal Asam Berbasis *Neural Network*

2.5.1 Jaringan Radial Basis

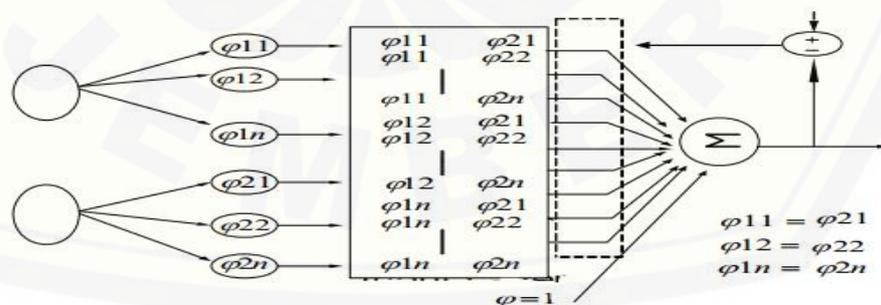
RBF (ϕ) merupakan fungsi dimana keluarannya simetris terhadap *center* c tertentu atau dinyatakan sebagai $\phi_c = \phi \|x - c\|$, dimana $\| \cdot \|$ merupakan vektor normal. Jaringan syaraf yang dibentuk dengan menggunakan fungsi basis berupa fungsi basis radial dinamakan jaringan syaraf RBF.

Jaringan RBF terdiri atas 3 layer yaitu *layer input*, *hidden layer / kernel layer* (unit tersembunyi) dan *layer output*. Masing- masing unit tersembunyi merupakan fungsi aktivasi yang berupa fungsi basis radial. Fungsi basis radial ini diasosiasikan oleh lebar dan posisi *center* dari fungsi basis tersebut. Struktur dasar jaringan RBF ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Struktur dasar jaringan syaraf RBF

Setiap *input* dari jaringan syaraf tiruan RBF ini akan mengaktifkan semua fungsi basis pada *hidden layer*. Setiap unit dari *hidden layer* merupakan fungsi aktivasi tertentu yang disebut sebagai fungsi basis. Di dalam *hidden layer* terdapat sejumlah fungsi basis yang sejenis. Setiap fungsi basis akan menghasilkan sebuah keluaran dengan bobot tertentu. *Output* jaringan ini merupakan jumlah dari seluruh *output* fungsi basis dikalikan dengan bobot masing-masing. Untuk jaringan RBF dengan 2 masukan, proses pemetaanya ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Operasi jaringan syaraf RBF dengan 2 masukan

Setiap masukan akan mengaktifkan setiap fungsi basis pada jaringannya sendiri. Misalkan pada operasi masukan $[x_1 \ x_2]$. Masukan x_1 akan mengaktifkan

fungsi basis pada jaringan RBF pertama, sehingga masukan x_1 akan mengaktifkan fungsi basis ϕ_{11} , ϕ_{12} sampai dengan ϕ_{1n} . Masukan x_2 akan mengaktifkan setiap fungsi basis ϕ_{21} , ϕ_{22} sampai dengan ϕ_{2n} . Langkah selanjutnya adalah melakukan korelasi silang antara setiap fungsi basis pada jaringan pertama dengan setiap keluaran fungsi basis pada jaringan kedua. Masing – masing hasil korelasi silang antar fungsi basis ini kemudian diboboti dengan bobot tertentu yaitu w_{11}, w_{12} sampai dengan w_{nn} . Keluaran jaringan RBF dihitung dengan menjumlahkan seluruh hasil perkalian antara keluaran tiap fungsi basis dengan bobotnya sendiri ditambah dengan bobot bias (w_b). Fungsi basis pada jaringan RBF identik dengan fungsi gaussian yang diformulasikan sebagai berikut:

$$\Phi_j = e^{-\frac{\|x-c_j\|^2}{2\sigma_j^2}} \dots\dots\dots(1)$$

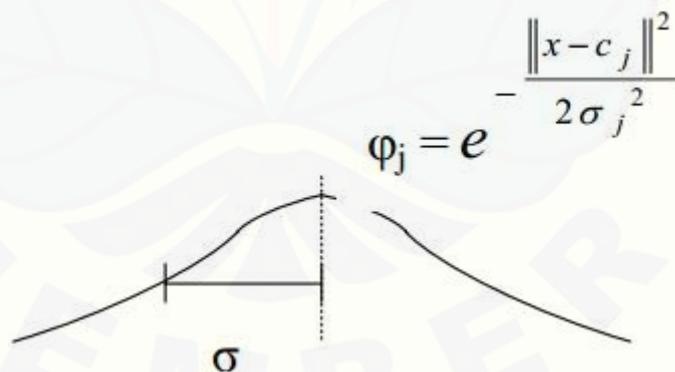
Dimana :

c_j = *Center* fungsi gaussian ke - j

σ_j = Lebar fungsi gaussian ke – j

x = Masukan fungsi basis

Φ_j = Keluaran fungsi basis ke – j oleh masukan x representasi grafis fungsi gaussian ditunjukkan pada gambar 2.6 .



Gambar 2.6 Fungsi gaussian

Pada setiap jaringan RBF biasanya digunakan lebih dari 1 buah fungsi basis. Tiap – tiap fungsi basis mempunyai 1 center dan 1 bobot tertentu. Untuk n buah masukan pada jaringan syaraf RBF, maka diperlukan bobot memori yang

digunakan pada satu jaringan adalah sebesar (jumlah fungsi basis) $n + 1$. Satu merupakan bobot bias (wb) dari jaringan syaraf RBF.

2.5.2 Algoritma Pelatihan RBF secara Iteratif

Algoritma pelatihan jaringan syaraf tiruan RBF secara iteratif adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Menentukan jumlah fungsi basis yang akan digunakan.

Langkah 2: Menentukan center tiap fungsi basis dan nilai deviasi.

Langkah 3: Menyediakan bobot sebanyak (fungsi basis) $n + 1$, dimana n adalah jumlah masukan jaringan syaraf RBF.

Langkah 4: Inisialisasi bobot, $w = [000 \dots 0]$

Set laju konvergensi

Set gain proposional

Langkah 5: Hitung keluaran tiap fungsi basis

Langkah 6: Untuk setiap sinyal latih kerjakan langkah 6-selesai

Langkah 7: Hitung keluaran jaringan RBF

Langkah 8: Hitung kesalahan (error) antara sinyal terhadap (d) dengan keluaran y,

$$\text{Error} = d - y$$

2.6 Matlab

Menurut bahasa, MATLAB adalah singkatan dari mathematics laboratory atau matrix laboratory. Dalam ilmu komputer, MATLAB didefinisikan sebagai bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengerjakan operasi matematika atau operasi aljabar matriks. MATLAB merupakan system interaktif yang data dasarnya adalah matriks. Matriks dianggap data dasar dalam MATLAB dapat ditulis dalam bentuk matrik. Selain itu di dalam MATLAB sendiri tersedia perangkat lunak Simulink dimana kita dapat memanfaatkan penggunaan simulink dari macam-macam demos yang tersedia untuk keperluan teknik pengendalian maupun untuk analisis suatu plant. Pada penelitian ini metode *Neural Network* diterapkan pada Simulink MATLAB. Penelitian ini menggunakan MATLAB versi 7.1.1.

2.7 Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa bandar masukan maupun keluaran, dan beberapa *peripheral* seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya

Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (*in chip*).

2.7.1. Arsitektur ATMEGA16

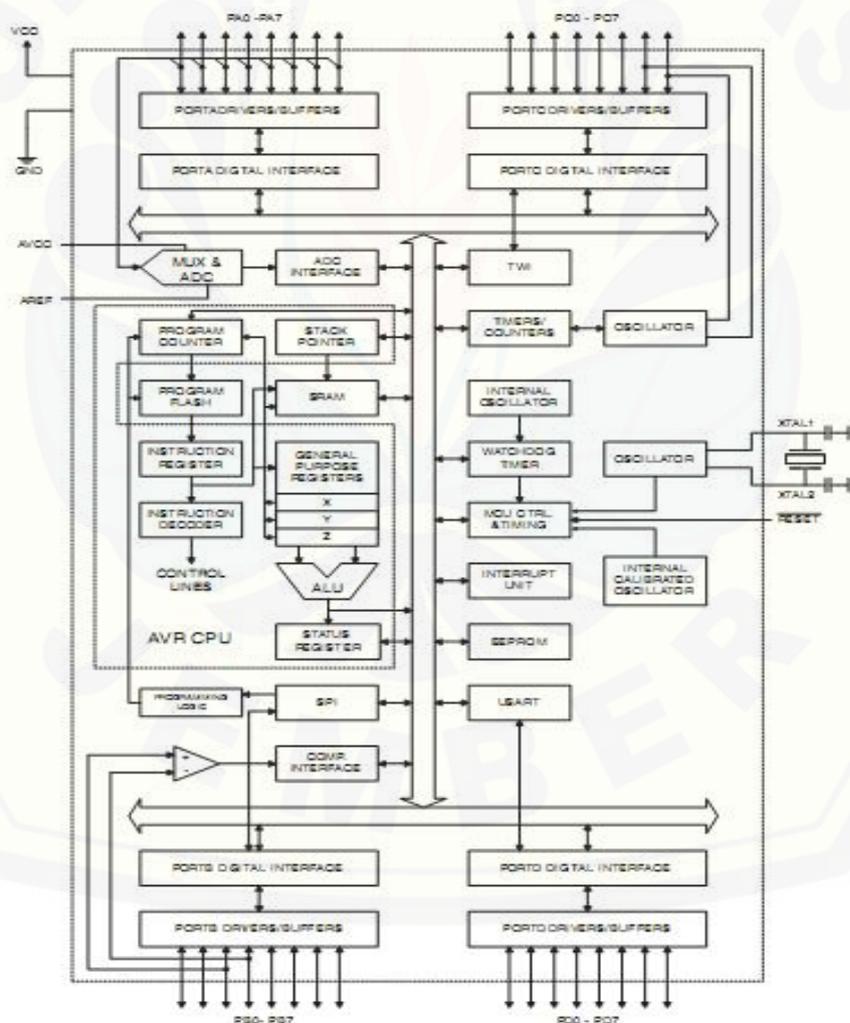
Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*).

Secara garis besar mikrokontroler ATmega16 terdiri dari :

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16 Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1 Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Bandar A, Bandar B, Bandar C, dan Bandar D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal

6. Bandar antarmuka SPI dan Bandar USART sebagai komunikasi serial Fitur Peripheral.

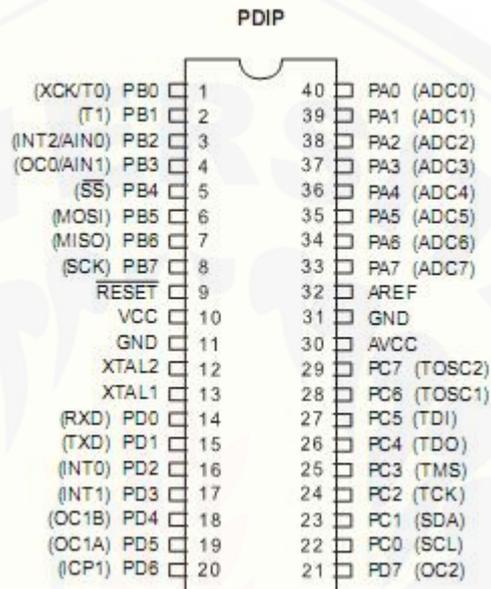
- Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan prescaler terpisah dan mode *compare*
- Satu buah 16-bit *timer/counter* dengan prescaler terpisah, mode *compare* dan mode *capture*
- *Real time counter* dengan osilator tersendiri
- Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
- 8 kanal, 10 bit ADC
- *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
- *Watchdog timer* dengan osilator internal



Gambar 2.7 Block diagram Atmega16

2.7.2. Konfigurasi Pena (*PIN*) ATMEGA16

Konfigurasi pena (*pin*) mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40 pena dapat dilihat pada Gambar 2.9. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATMEGA16 memiliki 8 pena untuk masing-masing bandar A (*Port A*), bandar B (*Port B*), bandar C (*Port C*), dan bandar D (*Port D*).



Gambar 2.8 Pena-pena Atmega16

2.8 Sensor Arus

ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.

Spesifikasi Sensor Arus ACS712:

1. Berbasis ACS712 dengan fitur:

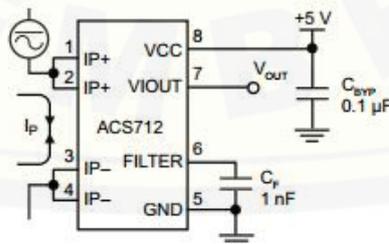
- Waktu kenaikan perubahan luaran = 5 μ s.

- Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz.
 - Total kesalahan luaran 1,5% pada suhu kerja $T_A = 25^\circ\text{C}$.
 - Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .
 - Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin1-4 dan pin 5-8.
 - Sensitivitas luaran 185 mV/A.
 - Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
 - Tegangan luaran proporsional terhadap masukan arus AC atau DC.
2. Tegangan kerja 5 VDC.
 3. Dilengkapi dengan penguat operasional untuk menambah sensitivitas luaran.



Gambar 2.9 IC ACS712
Sumber : datasheet ACS712

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian offset rendah linier medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan transducer medan secara berdekatan. Gambar 2.2 merupakan konfigurasi pin IC ACS712.



Gambar 2.10 Konfigurasi pin ACS712
Sumber : datasheet ICS712

Tabel 2.1 Fungsi Pin Sensor Arus ACS712

Pin Sensor ACS712	Fungsi
IP+	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekring di dalamnya
IP-	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekring di dalamnya
GND	Terminal sinyal <i>ground</i>
FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas <i>bandwith</i>
VIout	Terminal keluaran sinyal analog
Vcc	Terminal masukan catu daya

Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 m Ω dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *neural network* dengan algoritma *radial basis function* yaitu suatu metode yang digunakan untuk meramalkan suatu masukan dengan fungsi gaussian.

Adapun tempat dan waktu penelitian - analisis dilakukan dilaksanakan :

Tempat : Laboraturium Elektro Fakultas Teknik, Universitas Jember

Alamat : Jalan Slamet Riyadi no 62 Patrang Kabupaten Jember

Waktu : September 2014 – Januari 2015

3.2 Prosedur Penelitian

Dalam pembuatan skripsi dan penelitian ini, dibuat langkah-langkah sebagai berikut :

a. Tahap Persiapan

Mempersiapkan alat pendukung penelitian seperti PC atau laptop yang telah terinstal Matlab 7.1.1.

b. Studi Literatur Terhadap Objek dan Penelitian

Mengumpulkan dan mempelajari literatur tentang penggunaan *neural network* dengan metode *radial basis function* (RBF) pada pada Matlab 7.1.1.

c. Mengumpulkan parameter *input* arus dan waktu habis baterai timbal asam yang telah dilakukan pengujian.

d. Melakukan pemodelan sistem dengan matlab dan merancang algoritma kontrol dengan fungsi *radial basis function neural network*

e. Melakukan pengujian hasil simulasi matlab dengan perhitungan manual RBFNN berdasarkan *input* arus, tegangan dan target

f. Membuat rancang bangun sistem monitoring baterai timbal asam yang dirancang menggunakan metode *radial basis function neural network*

g. Analisis sistem

Mengolah dan menganalisis data hasil dari pengujian alat dengan matlab dan mengetahui perbandingan waktu habisnya baterai timbal asam berdasarkan tegangan tetap dan arus yang bervariasi antara 1 sampai 10 A.

h. Pengambilan kesimpulan dan saran

pengambilan kesimpulan dari semua hasil analisis data yang telah didapat berdasarkan dasar teori yang telah dijelaskan.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Hardware

1. Sistem minimum ATmega16
2. *Downloader* AVR
3. LCD 2x16
4. Sensor Arus tipe ACS712

3.3.2 Software

a. Matlab 7.1.1

Perancangan dan simulasi metode *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) kendali menggunakan *software* Matlab 7.1.1. Alasan digunakannya *software* ini karena di dalam Matlab 7.1.1 telah memiliki kelengkapan untuk merancang dan melakukan simulasi metode ini.

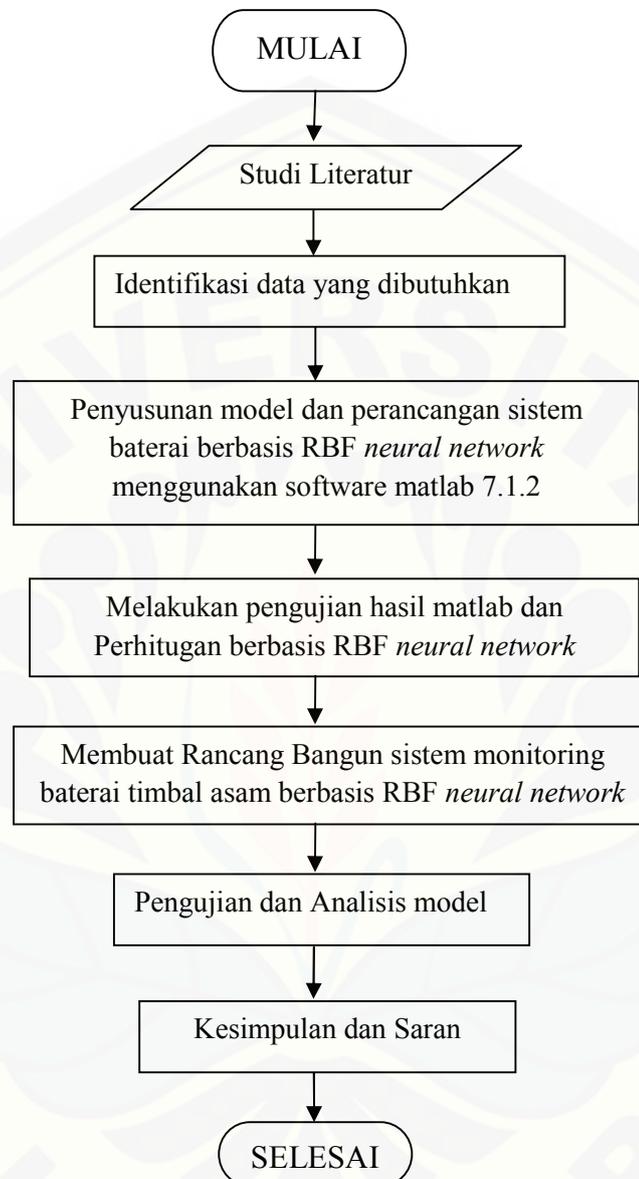
b. Code Vision AVR

Untuk pembuatan program alat

c. Proteus

Untuk menyimulasikan sebelum dicoba pada mikrokontroler langsung.

3.4 Diagram Alir Penelitian

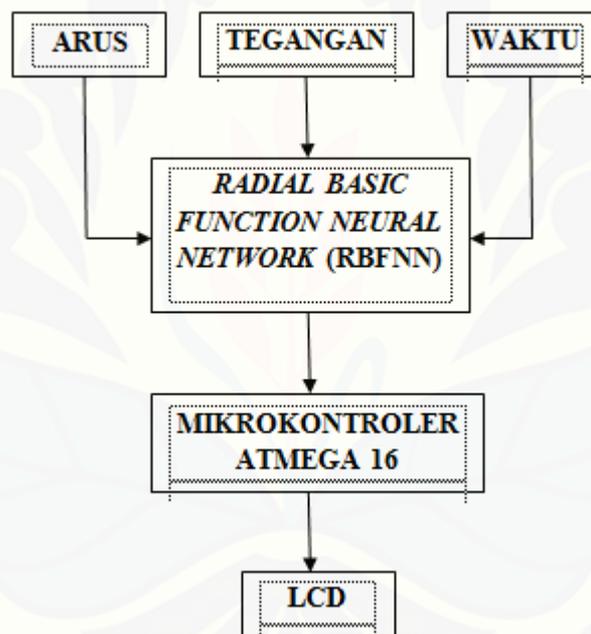


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada diagram alir penelitian pada gambar 3.1 yang dilakukan pertama mencari literatur tentang karakteristik baterai timbal asam dan mempelajari penggunaan *neural network* dengan metode *radial basis function* (RBF) lalu yang kedua indentifikasi parameter data input yang dibutuhkan yaitu data arus beban, waktu habisnya baterai (target) yang telah dilakukan pengujian. Data tersebut

dibutuhkan untuk melakukan pemodelan dan perancangan sistem baterai berbasis *radial basis function neural network* (RBFNN). Melakukan pengujian hasil simulasi matlab dan melakukan perhitungan manual RBFNN berdasarkan arus beban, tegangan dan target. Setelah itu membuat rancang bangun sistem monitoring baterai timbal asam berbasis kecerdasan buatan. Kemudian menganalisis hasil pengujian pada matlab, analisis matematika, hasil pengujian alat dan membandingkannya. Terakhir mengambil kesimpulan dari hasil data analisis yang didapat.

3.5 Perancangan Sistem / Block Diagram Sistem



Gambar 3.2 Perencanaan sistem dan algoritma *radial basic function neural network* (RBFNN)

Perancangan sistem / blog diagram sistem pada Gambar 3.2 adalah rancangan secara keseluruhan dari penelitian yang dilakukan. Prinsip kerja blog diagram di atas adalah Arus beban, tegangan dan waktu habisnya baterai didapat dari hasil data pengujian sebagai inputan untuk melakukan pemodelan sistem baterai timbal asam serta merancang algoritma radial basic function neural network. Stelah mendapatkan hasil pemodelan tersebut selanjutnya mencari nilai

atau rumus dari fungsi aktivasi dan rumus output keluaran jaringan radial basis secara manual. Fungsi aktivasi yang digunakan yaitu fungsi gaussian. Didapatkan nilai bobot input (w_1), bobot lapisan (w_2) dan bobot bias lapisan (b_2). Setelah itu memasukkan rumus fungsi aktivasi, rumus output dan nilai yang didapatkan ke mikrokontroler Atmega 16. Kemudian LCD dipasang untuk menampilkan nilai sensor arus beban dan nilai peramalan waktu habisnya baterai.

3.6 Penentuan Ukuran Sistem

Dalam penentuan ukuran sistem yang digunakan dalam perancangan sistem *radial basic function neural network* ini, ada beberapa komponen dan alat yang harus ditentukan ukurannya meliputi:

3.6.1 Penentuan Nilai Arus dan Tegangan

Langkah awal dalam perancangan sistem radial basic function neural network yaitu menentukan data input arus dan target. Nilai arus dimulai dari 1-45A dan target dicari dengan menggunakan rumus kapasitas baterai dibagi arus input. Pada tegangan nilainya konstan yaitu 12V dan kapasitas baterai yaitu 45Ah. Contoh jika arus input 1A maka nilai target adalah 45Ah dibagi 1A hasilnya 45 jam.

3.6.2 Penentuan Waktu Habisnya Baterai

Pada kapasitas baterai yang dipakai pada penelitian ini mempunyai kapasitas 45Ah artinya arus 45A dengan waktu habis 1 jam. Waktu habisnya baterai bergantung terhadap kapasitas baterai dan arus beban.

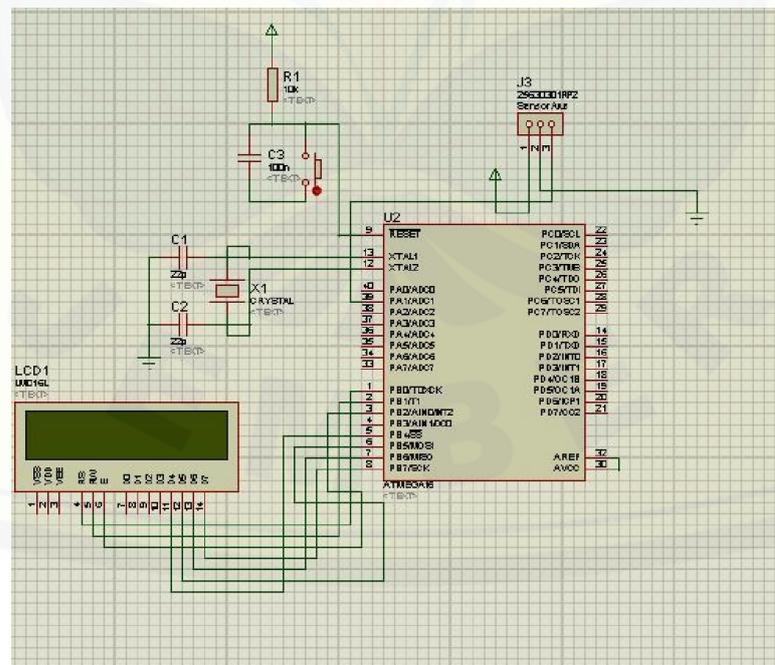
3.7 Perancangan Algoritma *Radial Basic Function Neural Network*

Dalam sistem pengembangan model baterai timbal asam *radial basic function neural network* untuk menghasilkan output berupa peramalan waktu habisnya baterai timbal asam. Model baterai timbal asam ini kita gunakan kecerdasan buatan dengan algoritma *radial basic function neural network* (RBFNN) yang dipengaruhi oleh 3 parameter yaitu arus, tegangan, target. Dalam perancangan algoritma terdapat langkah – langkahnya sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah dan data *input*
2. Menentukan pusat *center* dan lebar *center* pada *radial basic function neural network* (RBFNN). Hal ini sama saja menentukan *range* inputan.
3. Menghitung bobot
 - meneruskan sinyal ke *hidden layer* dan menghitung nilai fungsi aktifasi dengan fungsi gaussian.
 - membentuk matriks gaussian
 - menghitung pseudoinverse dari matriks gaussian hingga didapat w_1, w_2, b_2 .
4. Menghitung *output* jaringan radial basic function neural network dengan rumus $y = w_1 * \phi_1 + w_2 * \phi_2 + b_2$
5. Menghitung kesalahan (error) antara keluaran yang diinginkan/ target (t) dengan keluaran *radial basic function neural network* (y_k).
Error = $t_k - y_k$

3.8 Diagram dan Flowchart Alat

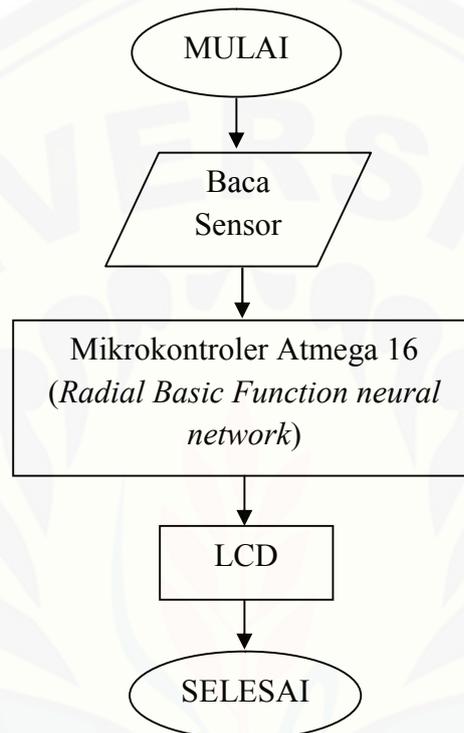
3.8.1 Skema Rangkaian Sensor secara Keseluruhan



Gambar 3.3 Rangkaian sensor arus secara keseluruhan

Gambar 3.3 rangkaian monitoring Arus. Sensor Arus pada penelitian ini menggunakan *DT-Sense Current Sensor ACS-712* dengan alamat Port A1/ADC1, Tampilan pada LCD menggunakan Port B.

3.8.2 Flowchart Alat

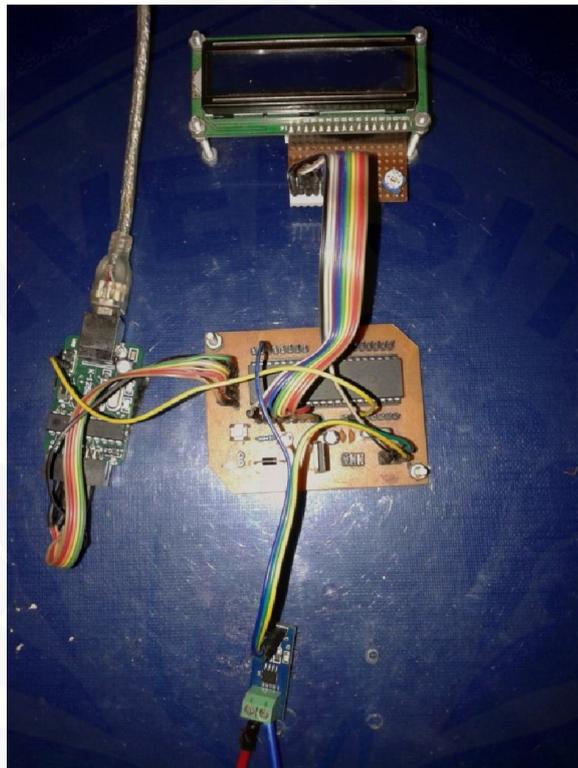


Gambar 3.4 Flowchart Alat

Flowchart alat ditunjukkan pada gambar 3.4 adalah langkah awal sensor arus membaca nilai arus beban saat dilakukan pengujian. Setelah sensor arus membaca lalu mikrokontroler yang sudah diisi dengan program kecerdasan buatan berbasis radial basic function memproses nilai arus yang dibaca sensor sehingga didapatkan nilai peramalan waktu habisnya baterai timbal asam. Langkah terakhir yaitu lcd menampilkan nilai arus beban yang dibaca sensor dan menampilkan nilai waktu habisnya baterai.

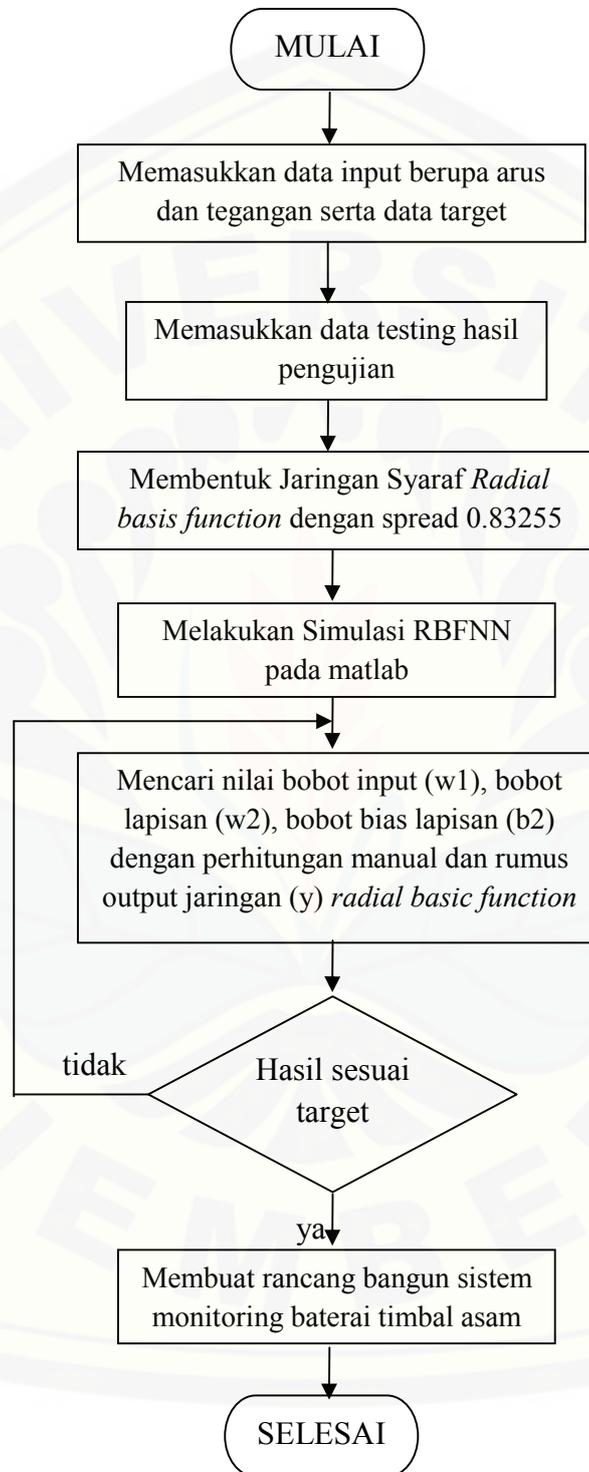
3.9 Gambar Alat

Alat yang saya buat berfungsi sebagai monitoring kapasitas baterai secara online berbasis kecerdasan buatan dengan algoritma radial basic function neural network.



Gambar 3.5 Alat monitoring kapasitas baterai berbasis RBFNN

Dalam alat monitoring ini terdiri dari sensor arus yang fungsinya membaca arus beban. Sistem minimum dengan mikrokontroler atmega 16 yang berfungsi sebagai memori penyimpanan program. Lcd berfungsi menampilkan nilai dari sensor arus. Downloader berfungsi mentransfer program ke mikrokontroler.

3.10 Flowchart Sistem Keseluruhan

Gambar 3.6 Flowchart sistem keseluruhan

Pada Gambar 3.6 *Flowchart* sistem keseluruhan langkah pertama yang dilakukan adalah memasukkan data *input* berupa data arus, tegangan serta waktu habisnya baterai yang disebut dengan target setelah itu memasukkan data *testing* dari pengujian yang sudah dilakukan. Kemudian dengan data yang ada, membangun jaringan syaraf tiruan berbasis radial basic function dengan spread 0.83255. dengan nilai spread tersebut didapatkan nilai bias input (b_1) yaitu 1. Nilai itu membuat error persen disimulasi matlab menjadi kecil. Selanjutnya melakukan simulasi matlab. Dari hasil simulasi tersebut langkah selanjutnya mencari nilai bobot input (w_1), bobot lapisan (w_2), dan bobot bias lapisan (b_2) dengan perhitungan manual sehingga didapatkan rumus output jaringan basis yang digunakan untuk meramalkan waktu habisnya baterai. Jika tidak sesuai target maka dilakukan perhitungan kembali tetapi jika sesuai target maka selanjutnya membuat rancang bangun sistem monitoring baterai timbal asam berbasis *radial basic function neural network* yang dapat menampilkan arus beban dan sisa waktu habisnya baterai.

BAB 4. PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan analisis simulasi matlab pengembangan baterai timbal asam berbasis kecerdasan buatan dengan menggunakan algoritma *radial basic function*. Algoritma didapatkan dengan proses *training* yang diberikan pada 2 masukan dengan satu target. Selanjutnya dilakukan pengujian algoritma. Setelah nilai *error* minimum telah tercapai sesuai yang ditargetkan maka selanjutnya melakukan perhitungan matematika lalu dilakukan pengujian menggunakan alat.

4.1 Simulasi Matlab menggunakan *Radial Basic Function Neural Network*

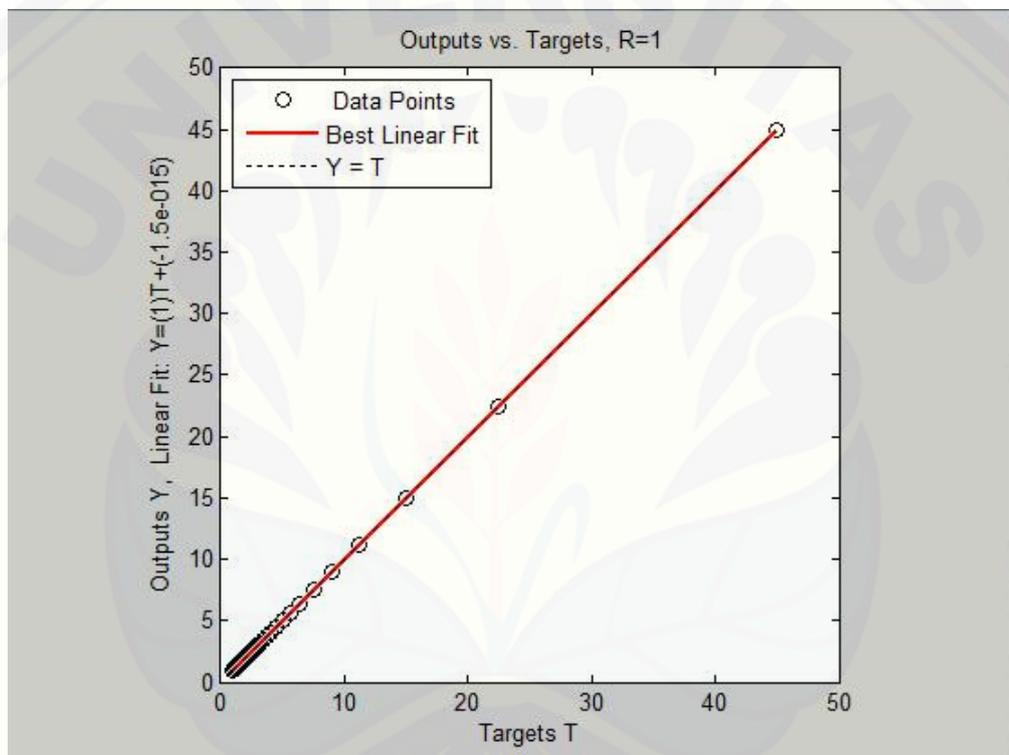
Pada model simulasi ini digunakan model algoritma *radial basic function* dengan menggunakan M-file dengan Spread sebesar 0,83255 yaitu `net = newrbe(P,T,0.83255)` yang menghasilkan data pengujian dari data *training* (data *input*) sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil pengujian menggunakan RBFNN

Data ke-	Target (T)	Output (a)	E = T-a
1	45,00	45,00	-0.00
2	22,50	22,50	0.00
3	15,00	15,00	0.00
4	11,25	11,25	0.00
5	9,00	9,00	-0.00
6	7,50	7,50	-0.00
7	6,43	6,43	-0.00
8	5,63	5,63	-0.00
9	5,00	5,00	0.00
10	4,50	4,50	0.00
11	4,09	4,09	0.00
12	3,75	3,75	0.00
13	3,46	3,46	0.00
14	3,21	3,21	0.00
15	3,00	3,00	-0,00

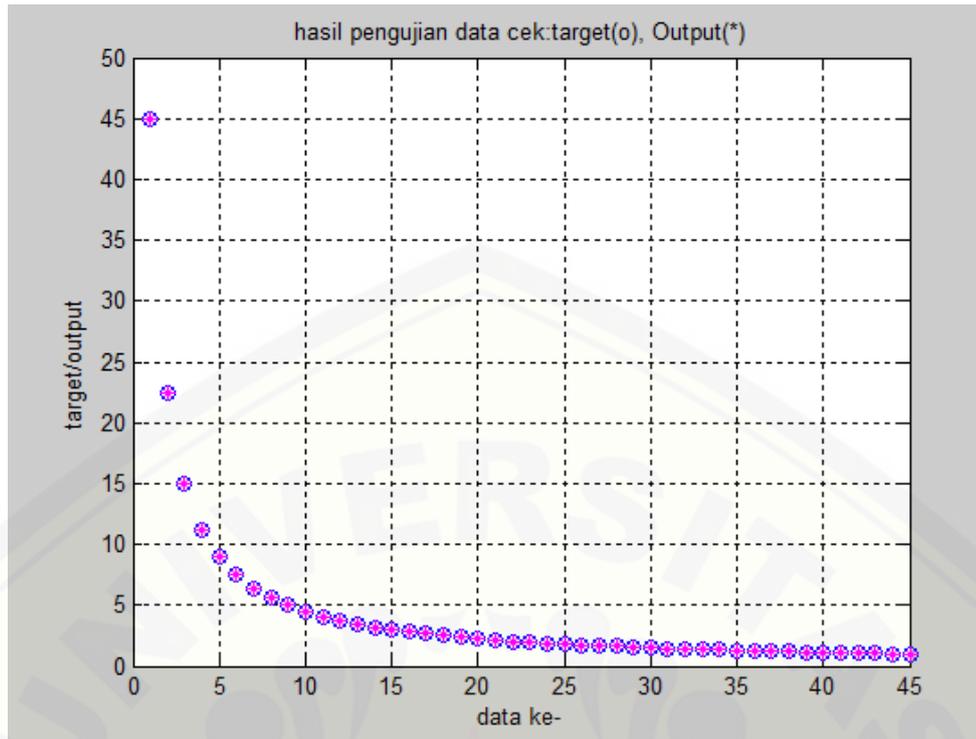
Data ke-	Target (T)	Output (a)	E = T-a
16	2,81	2,81	-0,00
17	2,65	2,65	-0,00
18	2,50	2,50	0,00
19	2,37	2,37	0,00
20	2,25	2,25	-0,00
21	2,14	2,14	0,00
22	2,04	2,04	-0,00
23	1,96	1,96	-0,00
24	1,88	1,88	0,00
25	1,80	1,80	0,00
26	1,73	1,73	-0,00
27	1,67	1,67	0,00
28	1,61	1,61	0,00
29	1,55	1,55	-0,00
30	1,50	1,50	0,00
31	1,45	1,45	-0,00
32	1,41	1,41	0,00
33	1,36	1,36	-0,00
34	1,32	1,32	-0,00
35	1,29	1,29	0,00
36	1,25	1,25	0,00
37	1,22	1,22	0,00
38	1,18	1,18	0,00
39	1,15	1,15	0,00
40	1,13	1,13	-0,00
41	1,10	1,10	0,00
42	1,07	1,07	0,00
43	1,05	1,05	-0,00
44	1,02	1,02	-0,00
45	1,00	1,00	0,00

Semua *Error* (E) bernilai 0 (Nol) berarti semua data pelatihan *input* memiliki *output* yg sama persis dengan targetnya. Dan *output* jaringan dan target di analisi dengan menggunakan regresi linier, Regresi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Untuk menentukan bentuk hubungan (regresi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas yang diberi simbol X dan variabel bebas dengan simbol Y. Pada simulink analisi dengan regresi linier menggunakan (m1, c1, r1) = postreg (a,T) dan menghasilkan data sebagai berikut:



Gambar 4.1 Regresi linear target dan *output* jaringan data *training*

Dari gambar 4.1 didapatkan persamaan garis untuk kecocokan terbaik sebesar $T + -1,5*10^{-15}$ dengan koefisien korelasi bernilai 1 dan gradien garis terbaik sebesar 1, hal tersebut menunjukkan nilai dari hasil yang sangat baik untuk kecocokan *output* jaringan dengan target. Berikut perbandingan antara target dengan *output* jaringan pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Perbandingan target dan *output* jaringan data *training*

Pada perbandingan antara data target dengan data *output* jaringan pada gambar 4.2. Pada gambar 4.2 tersebut *output* jaringan (o) dan target (*) sebagian besar sudah berdekatan dan hampir mendekati posisi yang sama dengan nilai *error* 0%.. Hasil yang terbaik terjadi apabila posisi data target dengan *output* jaringan betul-betul berada pada posisi yang sama.

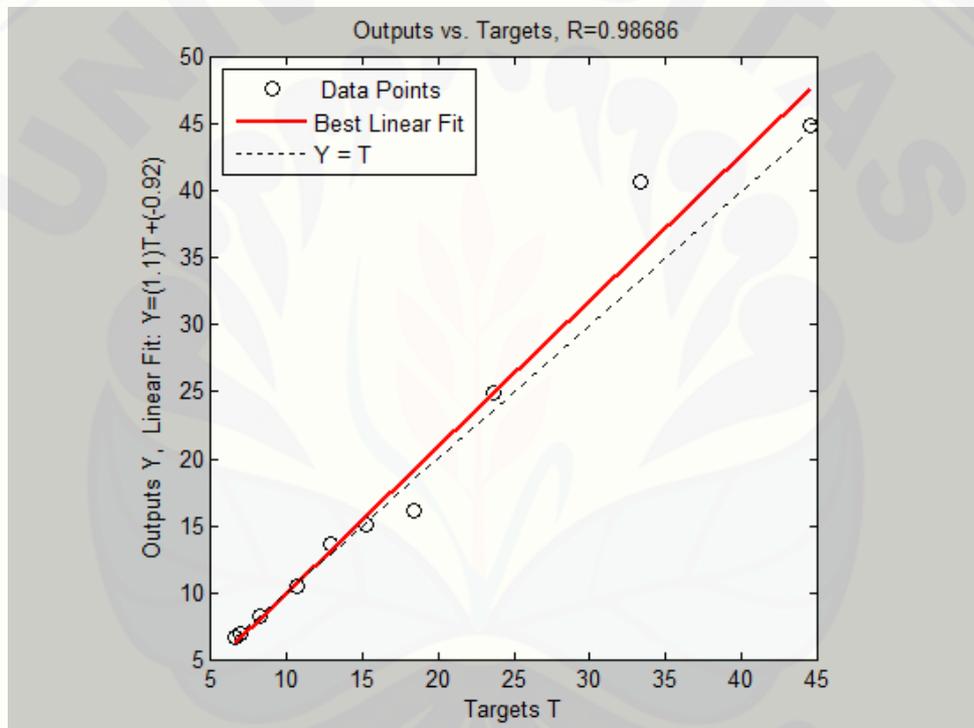
Dari data yang dilatih dilakukan pengujian dengan mengambil beberapa data untuk dilakukan pengujian data *checking*. Pengujian data *checking* ini menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil pengujian terhadap data *checking*

Data ke-	Target (TQ)	<i>Output</i> (b)	$E=TQ-b$
1	44,55	45,00	-0,45
2	33,33	40,68	-7,35
3	23,68	24,97	-1,29
4	18,44	16,16	2,28
5	15,25	15,04	0,21
6	12,86	13,65	-0,79

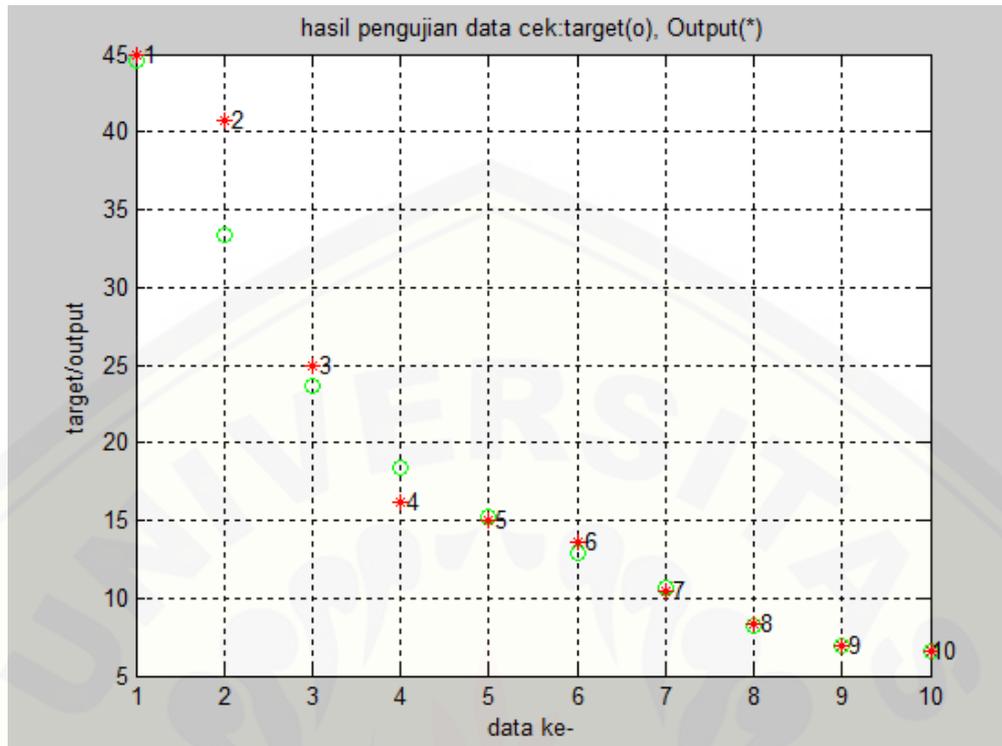
7	10,71	10,48	0,23
8	8,18	8,29	-0,11
9	6,92	6,88	0,04
10	6,62	6,60	0,02
Rata – rata			1,28

Dari data hasil pengujian data *checking* dapat diketahui pada data ke-10 terjadi *error* persen terkecil dengan nilai *error* sebesar 0,02 sedangkan *error* persen terbesar terjadi pada data ke- 2 nilai *error* sebesar -7,35 dan rata – rata nilai *error* sebesar 1,28 , di dapatkan hasil seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.3 Regresi linear target dan *output* jaringan data *checking*

Output jaringan dan target untuk data testing menghasilkan nilai gradien garis terbaik dengan nilai 1,0911 dengan konstanta sebesar -0,9235 dan nilai korelasi koefisien korelasi sebesar 0,9869 (hampir mendekati 1). Hasil *output* jaringan dan target untuk data *checking* menunjukkan hasil yang baik untuk kecocokan *output* jaringan dengan target dan untuk perbandingan target dan *output* jaringan data *training* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.4 Perbandingan target dan *output* jaringan data *training*

Dari gambar hasil pengujian data cek, posisi *output* yang hampir sama dengan data target terdapat pada data ke-5, data ke-8, data ke-9 dan data ke-10 dengan nilai error sebesar 0,21, -0,11, 0,04 dan 0,02. Dan hasil yang terbaik terjadi pada posisi 0,02 dengan posisi target dan data *output* jaringan berada pada posisi hampir sama persis.

4.2 Analisis Perhitungan Matematika *Radial Basic Function Neural Network*

Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan rumus fungsi aktivasi yaitu fungsi gaussian yang selanjutnya dibuat matriks gaussian sehingga didapatkan nilai bobot *input* (w_1), bobot lapisan (w_2) dan bobot bias lapisan (b_2). Setelah mendapatkan nilai tersebut maka dibuat rumus *output* jaringan radial basisnya. berikut langkah analisis perhitungan matematikanya.

4.2.1 Penentuan Nilai *Input* RBFNN

Penentuan nilai *input* merupakan langkah awal dalam perhitungan. pada pengujian ini kita mengambil 4 sample nilai *input* yang berisi nilai *input*, tegangan dan target (waktu habisnya baterai).

Tabel 4.3 Nilai *input* RBFNN

X1	X2	T
1	12	45
4	12	11.25
7	12	6.43
10	12	4.5

Pada tabel 4.3 X1= arus beban, X2= tegangan, T= target atau habisnya baterai. *Input* arus yang digunakan yaitu 1A, 4A, 7A, dan 10A dengan tegangan konstan bernilai 12V. Pada target didapatkan dari kapasitas baterai dibagi arus sehingga didapatkan target 45H, 11.25H, 6.43H, dan 4.5H.

4.2.2 Penentuan Nilai Center

Setelah penentuan nilai *input* selanjutnya menentukan nilai center. Nilai center merupakan jumlah hidden layer. penentuan jumlah hidden layer sama dengan jumlah *input* karena *inputnya* ada 2 yaitu arus dan tegangan maka jumlah hidden layer adalah 2. Penentuan nilai center sama range batas *output* nanti meramalkan. Pada penelitian ini menggunakan range arus beban 1 - 10A sehingga nilai center adalah T1 = [10 12] dan T2 = [1 12].

4.2.3 Menghitung Nilai Fungsi Aktifasi dengan Fungsi Gaussian

Rumus fungsi gaussian adalah

$$\varphi(x - t) = \exp(-\|x - t\|^2) \quad (4.1)$$

Berdasarkan rumus diatas didapatkan nilai fungsi gaussian :

Pada center T1 = [10 12]

$$\varphi_{11} = 6.64 \times 10^{-36}$$

$$\varphi_{21} = 2.32x10^{-16}$$

$$\varphi_{31} = 1.23x10^{-4}$$

$$\varphi_{41} = 1$$

Pada center T2 = [1 12]

$$\varphi_{12} = 1$$

$$\varphi_{22} = 1.23x10^{-4}$$

$$\varphi_{32} = 2.32x10^{-16}$$

$$\varphi_{42} = 6.64x10^{-36}$$

4.2.4 Matriks Gaussian

Setelah mendapatkan nilai fungsi aktivasi lalu dibentuklah matriks (G) 3x4 pada kolom 3 diberi nilai bias yaitu b1= 1 lalu dari matriks tersebut di transpose (G^T) kemudian matriks G dikalikan dengan matriks G^T .

$$G = \begin{bmatrix} 6.64x10^{-36} & 1 & 1 \\ 2.32x10^{-16} & 1.23x10^{-4} & 1 \\ 1.23x10^{-4} & 2.32x10^{-16} & 1 \\ 1 & 6.64x10^{-36} & 1 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

$$G^T = \begin{bmatrix} 6.64x10^{-36} & 2.32x10^{-16} & 1.23x10^{-4} & 1 \\ 1 & 1.23x10^{-4} & 2.32x10^{-16} & 6.64x10^{-36} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

$$G^T x G = \begin{bmatrix} 1 & 5.71x10^{-20} & 1.0001 \\ 5.71x10^{-20} & 1 & 1.0001 \\ 1.0001 & 1.0001 & 4 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Setelah didapatkan perkalian matriks $G^T x G$ lalu menghitung invers dari matriks $G^T x G$ sehingga menjadi matriks $(G^T x G)^{-1}$. kemudian mencari nilai matriks G^T dikalikan matriks d, matriks d merupakan nilai dari target.

$$(G^T x G)^{-1} = \begin{bmatrix} 1.5002 & 0.5002 & -0.5001 \\ 0.5002 & 1.5002 & -0.5001 \\ -0.5001 & -0.5001 & 0.5001 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

$$d = \begin{bmatrix} 45 \\ 11.25 \\ 6.43 \\ 4.5 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

$$G^T x d = \begin{bmatrix} 4.5008 \\ 45.0014 \\ 67.18 \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

Setelah didapatkan nilai matriks diatas maka mencari nilai bobot (W) dengan menggunakan rumus $W = (G^T x G)^{-1} x (G^T x d)$ sehingga didapatkan matriks 1x3. Pada baris pertama merupakan nilai bobot *input* (w1), baris kedua merupakan nilai bobot lapisan (w2) dan baris ketiga adalah nilai bobot bias lapisan (b2).

$$W = \begin{bmatrix} -4.3349 \\ 36.1657 \\ 8.8407 \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

Jadi $w1 = -4,3349$, $w2 = 36,1657$, $b2 = 8,8407$

4.2.5 Menentukan Rumus *Output* Jaringan RBFNN

Setelah didapatkan nilai bobot *input* (w1), bobot lapisan (w2), dan bobot bias lapisan (b2) maka kita memasukkan nilai tersebut kedalam rumus *output* jaringan sehingga menjadi seperti persamaan dibawah ini:

$$Y = -4.3349 * \phi_1 + 36.1657 * \phi_2 + 8.8407 \quad (4.9)$$

Keterangan pada ϕ_1 nilai yang didapatkan dari fungsi aktivasi di center T1 dan pada ϕ_2 nilai yang didapatkan dari fungsi aktivasi di center T2.

4.3 Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian alat yang dilakukan menggunakan sensor arus ACS712. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor arus. Pengujian ini

membandingkan hasil pembacaan arus yang terdapat di lcd dengan yang terbaca di avometer.



(A)

(B)

Gambar 4.5 Pembacaan arus pada beban 25W, avometer (A), lcd (B)

Pada gambar 4.5 merupakan hasil pengujian sensor arus menggunakan beban 25W. Dapat dilihat dari gambar (A) bahwa pada avo pembacaan arus bebannya yaitu 1,31 A dan pada gambar (B) bahwa pembacaan arus bebannya yaitu 1,31 A. Sehingga memiliki *error* persen yaitu 0%. Hal ini membuktikan bahwa sensor arus pada beban 25W mempunyai nilai pembacaan keakuratan yang tepat.



(A)

(B)

Gambar 4.6 Pembacaan arus pada beban 18W, avometer (A), lcd (B)

Pada gambar 4.6 menunjukkan pembacaan arus dengan menggunakan beban 18W. Dapat dilihat pembacaan arus beban pada avometer dan lcd didapatkan nilai arus yang sama yaitu 1,01 sehingga memiliki *error* persen yaitu 0%. Pengujian sensor ini dilakukan 7 kali, dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Data hasil pengujian sensor ACS721

No	Beban (W)	Avometer (A)	Lcd (A)	Error persen ACS721 (%)
1	18	1,01	1,01	0
2	25	1,31	1,31	0
3	35	1,78	1,77	0,56
4	43	2,3	2,3	0
5	53	2,76	2,83	2,5
6	60	3,09	3,13	1,29
7	78	4,03	4,15	2,98

Dari hasil pengujian sensor arus pada tabel 4.4 dapat diamati bahwa keakuratan pembacaan arus oleh sensor ACS721 memiliki *error* persen terbesar yaitu 2,98% dan *error* terkecil yaitu 0%. Nilai *error* persen didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$\text{error (\%)} = \frac{\text{data LCD} - \text{data avometer}}{\text{data avometer}} \times 100\%$$

4.4 Pengujian Kondisi Baterai

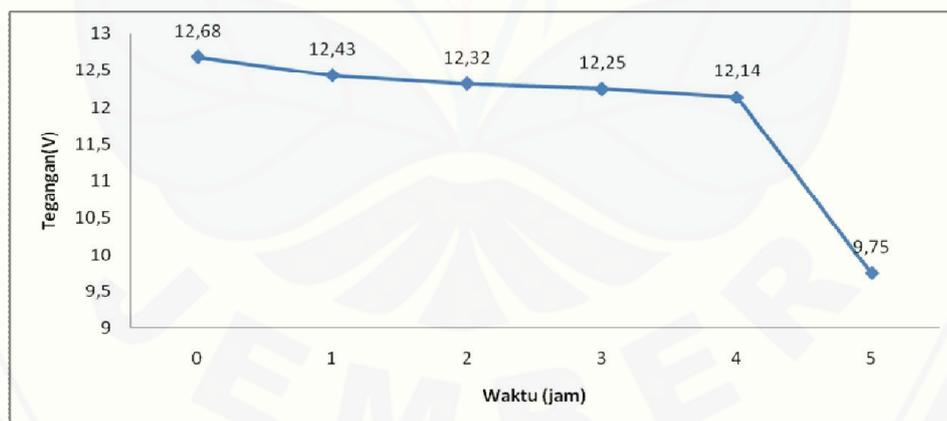
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik baterai yang digunakan saat pengujian, dimana kondisi baterai saat mempengaruhi hasil pengujian. Pengujian ini dilakukan secara manual yaitu menghabiskan kapasitas baterai dengan beban lampu dc. Pengujian ini dapat mengetahui kondisi awal tegangan, penurunan tegangan dalam setiap jam dan kondisi akhir tegangan.

4.4.1. Pengujian Beban 35 Watt

Tabel 4.5 Data pengujian beban 35 Watt

No.	Beban (Watt)	Waktu (jam)	Tegangan (Volt)
1.	35	0	12,68
2.		1	12,43
3.		2	12,32
4.		3	12,25
5.		4	12,14
6.		5	9,75

Dari tabel 4.5 data pengujian beban 35W dapat dilihat kondisi baterai pada sebelum dikasih beban yaitu pada tegangan baterai 12,68V. Setelah pengujian selama 1 jam tegangan baterai menurun, sebesar 12,43V. Pada pengujian selama 2 jam tegangan baterai sebesar 12,32V. Setelah pengujian selama 3 jam tegangan baterai menurun, sebesar 12,25V. Pada pengujian selama 4 jam tegangan baterai sebesar 12,14V. Pengujian selama 5 jam tegangan baterai ngedrop sebesar 9,75V sehingga pengujian baterai dihentikan.



Gambar 4.7 Grafik hubungan tegangan dengan waktu pada beban 35Watt

Dari grafik 4.7 merupakan kondisi penurunan tegangan baterai pada saat pengujian. Pada pengujian beban 35W dapat dilihat tegangan dari awal selama 1 jam yaitu sebesar 0,25V. Selanjutnya penurunan tegangan pada jam ke-2 sebesar 0,11V. Pada pengujian jam ke-3 tegangan menurun sebesar 0,07V. Lalu pada jam

ke-4 penurunan tegangan sebesar 0,11V. Pada pengujian selama 5 jam tegangan mengalami drop sehingga penurunan tegangan besar yaitu 2,39V. Setelah itu pengujian dihentikan dikarenakan tegangan sudah terpakai 80%. Dari pengujian kondisi beban diatas dapat disimpulkan bahwa penurunan tegangan terjadi setiap 1 jam pada beban 35W rata – rata sebesar 0,59V.

4.5 Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan secara online artinya real time dimana masukkan arus beban langsung meramalkan waktu habisnya baterai timbal asam yang berbasis *radial basic function neural network*. Kapasitas baterai timbal asam yang dipakai 45Ah. Pada pengujian ini beban yang digunakan yaitu 3 lampu DC masing- masing daya 18W, 25W, dan 35W dengan 7 kali model percobaan berbeda. Baterai yang digunakan merk GS astra premium tipe 46 B24R (NS60). Pada pengujian ini akan dibandingkan hasil *output* dari alat dengan hasil perhitungan teori (*target*).



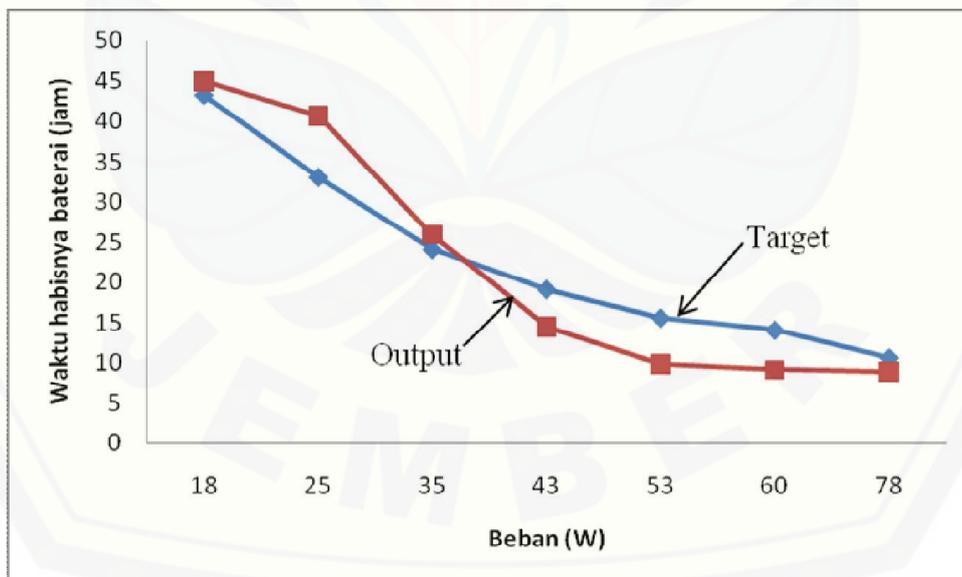
Gambar 4.8 Data hasil pengujian dengan beban 25W

Dari gambar 4.8 dapat dilihat hasil pengujian alat pada beban 25W sensor arus membaca nilai arus sebesar 1,87A dan alat tersebut meramalkan sisa waktu habisnya baterai adalah 25,92 jam. Jika dihitung dengan target berdasarkan teori maka target = kapasitas baterai dibagi arus beban sehingga 45Ah dibagi 1,87A didapatkan target sebesar 24,06 jam. Sehingga memiliki *error* persen sebesar 2,26%. Nilai *error* persen didapatkan dengan menggunakan rumus $error = \frac{target (tk) - output (yk)}{target}$. Berikut data hasil pengujian keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.6 Data hasil pengujian sistem

N0	Beban (W)	Arus (A)	Target (jam)	Output (jam)
1	18	1,04	43,26	44,94
2	25	1,36	33,09	40,61
3	35	1,87	24,06	25,92
4	43	2,39	19,07	14,46
5	53	2,90	15,52	9,81
6	60	3,21	14,02	9,11
7	78	4,25	10,59	8,84

Dari tabel 4.6 data hasil pengujian dapat dilihat pada beban 25W, arus 1,36A, target 33,09 jam dan *output* 40,61 jam memiliki perbedaan selisih waktu habisnya baterai terbesar. Beban terbesar yaitu 78W, arus 4,25A, target 10,59 jam dan *output* 8,84 jam memiliki perbedaan selisih waktu habisnya baterai terkecil.



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara arus beban dengan waktu habis baterai

Dari grafik di gambar 4.9 merupakan hubungan arus beban terhadap waktu habisnya baterai dari target maupun *output*. Dapat dilihat bahwa pada arus 1,04A

output memiliki waktu lebih besar dari target. Pada arus 2,39A target memiliki waktu lebih besar dari *output*. Faktor yang mempengaruhi *output* tidak sama dengan target karena kondisi baterai timbal asam pada baterai tidak terisi penuh, hanya terisi sekitar 85% dari kapasitas baterai tersebut.

4.5.1 Perbandingan Data Percobaan dengan Data Sistem RBFNN

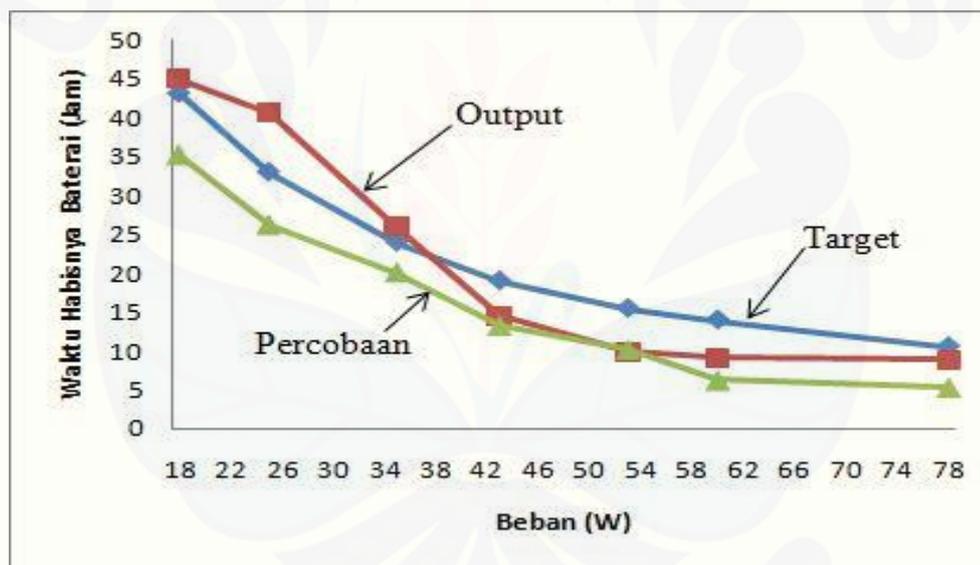
Tabel 4.7 Data waktu habis baterai dan error sistem

N0	Beban (W)	Percobaan (jam)	Target (jam)	Output NN (jam)	Error Percobaan (%)	Error Alat NN (%)	Keterangan
1	18	35,21	43,26	45,34	9,34	2,08	
2	25	26,22	33,09	40,61	7,11	7,92	Kondisi baterai 85%
3	35	20,13	24,06	25,92	3,55	2,26	
4	43	13,3	19,07	14,46	5,14	4,61	
5	53	10,21	15,52	9,81	5,49	5,31	
6	60	6,27	14,02	9,11	8,38	4,91	
7	78	5,33	10,59	8,84	6,77	1,35	Kondisi baterai mendekati penuh
Rata - rata					6,54	4,06	

Pada tabel 4.7 merupakan nilai waktu habisnya baterai dari hasil percobaan, hasil target dan *output* NN. Pada data percobaan nilai yang mendekati target yaitu pada beban 35W dimana waktu habisnya yaitu 20,31 jam dan targetnya 24,06 jam sehingga mempunyai error persen terkecil yaitu 3,55% sebaliknya pada beban 18W memiliki nilai yang terjauh antara target dengan *output*. Tetapi pada peramalan RBFNN nilai yang mendekati target yaitu pada beban 78W dimana waktu habisnya baterai pada peramalan yaitu 8,84 jam dan

targetnya 10,59 jam. Pada peramalan RBFNN beban 25W memiliki nilai terjauh dari target dimana peramalan waktu habisnya baterai yaitu 40,61 jam dan target 33,09 jam.

Dari tabel diatas rata - rata error persen pada sistem alat RBFNN yaitu sebesar 4,06% dan rata - rata error persen pada data percobaan yaitu sebesar 6,54%. Dalam pengujian ini mempunyai faktor yang mempengaruhi hasil pengujian yaitu pada kondisi baterai timbal asam yang digunakan tidak terisi penuh karena pemakaian dan pengecasan yang berulang ulang sehingga baterai timbal asam hanya terisi sekitar 85%. Faktor lain juga pada saat pengecasan baterai timbal asam tidak mengetahui baterai timbal asam tersebut penuh atau tidak. Dapat disimpulkan dari pengujian sistem diatas bahwa keakuratan peramalan menggunakan algoritma *radial basic function* (RBFNN) lebih baik karena rata – rata error persennya lebih kecil dari pada data percobaan.



Gambar 4.10 Grafik hubungan daya beban dengan waktu habisnya baterai

Dari grafik 4.10 merupakan hubungan beban daya pada lampu dengan waktu habisnya baterai dari target, peramalan RBFNN dan data percobaan. Dapat dilihat pada beban 35W merupakan waktu habisnya baterai yang paling mendekati dari ketiga data nilai yaitu nilai target, nilai output atau peramalan RBFNN dan nilai percobaan. Sebaliknya pada beban 25W merupakan waktu habisnya baterai yang paling jauh dari ketiga data nilai.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan, pengujian perangkat dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian data checking pada simulasi matlab didapatkan nilai error persen terkecil pada data ke-10 sebesar 0,02% sedangkan nilai *error* persen terbesar pada data ke- 2 sebesar -7,35% .
2. Perhitungan matematika RBFNN didapat nilai bobot *input* (w1) sebesar -4.3349, bobot lapisan (w2) sebesar 36.1657 dan bobot bias lapisan (b2) sebesar 8.8407 sehingga rumus output jaringan RBFNN adalah
$$Y = -4.3349 * \varphi_1 + 36.1657 * \varphi_2 + 8.8407$$
3. Keakuratan pembacaan arus oleh sensor ACS721 memiliki nilai *error* persen terbesar sebesar 2,98% sedangkan nilai *error* persen terkecil sebesar 0%.
4. Nilai error persen yang paling besar terdapat pada pengujian sistem dengan beban 25W sebesar 7,92% dikarenakan faktor baterai timbal asam yang tidak terisi penuh dari kapasitasnya. Sedangkan error persen terkecil terdapat pada pengujian beban 78W sebesar 1,35%. Pengujian sistem keakuratan peramalan menggunakan algoritma *radial basic function* (RBFNN) lebih baik dari pada data percobaan yang dilakukan secara manual dengan rata – rata error persennya yang masing – masing sebesar 4,06% dan 6,54%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang “*Pengembangan Model Baterai Timbal Asam Berbasis Rbfnn (Radial Basis Function Neural Network)*” penulis memberikan saran berikut dengan harapan untuk penyempurnaan karya ilmiah ini dan lebih memberikan manfaat yang lebih baik di masa mendatang:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan lebih lanjut dengan menggunakan

metode algoritma neural network yang berbeda agar dapat diketahui metode apa yang lebih efektif.

2. Kapasitas baterai pada saat pengujian sangat perlu diperhatikan agar hasil outputnya bagus. Kapasitas baterai yang dimaksud adalah penuh atau tidak penuhnya baterai apabila kondisi baterai tidak dalam keadaan penuh mengakibatkan peramalan waktu habisnya baterai jauh dari target yang ditentukan.



DAFTAR PUSTAKA

- B.G. Pollet, I. Staffell, J.L. Shang, 2012, *Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects*, *Electrochim. Acta*
- Chairul Hudaya, *Peranan riset baterai sekunder dalam mendukung penyediaan energi bersih di indonesia 2025*
- Ferreira, A. A., Pomilio, J. A., Spiazzi, G., Silva, L. A., 2008, *Energy Management Fuzzy Logic Supervisory for Electric Vehicle Power Supplies System*, IEEE Transaction On Power Electronics, VOL. 23, NO. 1, January 2008, pp.107-115.
- González, F. M., Longatt, 2006, *Circuit Based Battery Models: A Review*, 2Do Congreso Iberoamericano De Estudiantes De Ingenieria Electrica, pp.1-5.
- Guo, S. 2010. *The Application of Genetic Algorithms to Parameter Estimation in Lead-Acid Battery Equivalent Circuit Models*. University of Birmingham.
- Kiehne, H. A., 2003, *Battery Technology Handbook*, Second Edition, Marcel Dekker, NY.
- Kuswadi S., 2007. *Kendali Cerdas : Teori dan Aplikasi Praktisnya*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Park, S., Savvides, A., Srivastava, M. B., 2001, *Battery Capacity Measurement And Analysis Using Lithium Coin Cell Battery*, ISLPED, August 6-7, 2001, Huntington Beach, California, USA.
- Sri, Kaloko Bambang, Soebagio, M.H.Purnomo, 2011, *Mapping of Electrochemistry and Neural Network Model for Lead Acid Battery*, Indonesian Journal of Chemistry.
- Sri, Kaloko Bambang, 2009, *Lead Acid Battery Modeling For Electric Car Power Sources*.
- Sri, Kusumadewi, 2004. *Membangun jaringan syaraf tiruan menggunakan MATLAB dan Excel Link*, PT Graha Ilmu.
- Yudianto, Agus Dani, Facta Mochamad, Setiawan Iwan, *Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan RBF (Radial Basis Function) untuk Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa secara on-line berbasis Mikrokontroler Atmega 8535*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang.

LAMPIRAN

A. M-File RBFNN

```
clear;

%data input
Data=[...
  1  45
  2  22.5
  3  15
  4  11.25
  5  9
  6  7.5
  7  6.43
  8  5.63
  9  5
 10  4.5
 11  4.09
 12  3.75
 13  3.46
 14  3.21
 15  3
 16  2.81
 17  2.65
 18  2.5
 19  2.37
 20  2.25
 21  2.14
 22  2.04
 23  1.96
 24  1.88
 25  1.8
 26  1.73
 27  1.67
 28  1.61
 29  1.55
 30  1.5
 31  1.45
 32  1.41
 33  1.36
 34  1.32
 35  1.29
 36  1.25
 37  1.22
 38  1.18
 39  1.15
 40  1.13
 41  1.1
 42  1.07
 43  1.05
 44  1.02
 45  1];

P=Data(:,1)';
T=Data(:,2)';
%Data testing
Cek =[...
  1.01  44.55
```

```
1.35 33.33
1.9 23.68
2.44 18.44
2.95 15.25
3.5 12.86
4.2 10.71
5.5 8.18
6.5 6.92
6.8 6.62];
Q=Cek(:,1)';
TQ=Cek(:,2)';
%membangun jaringan syaraf radial basis
net=newrbe(P,T,0.83255);
%melihat bobot input, lapisan dan bias
bobotInput=net.IW{1,1};
bobotBiasInput=net.b{1,1}
bobotLapisan=net.LW{2,1}
bobotBiasLapisan=net.b{2,1}
%melakukan simulasi data training
a=sim(net,P);
H=[(1:size(P,2))',T',a',T'-a'];
sprintf('%5d %9.2f %9.2f %9.2f\n',H')
%simulasi data testing
b=sim(net,Q);
L=[(1:size(Q,2))',TQ',b',TQ'-b'];
sprintf('%5d %9.2f %9.2f %9.2f\n',L')
%gambar grafik
k=[1:size(T,2)]';
t=[1:size(Q,2)]';
[m1,c1,r1]=postreg(a,T)
pause;
plot(k,T,'bo',k,a,'m*');
title('hasil pengujian data cek:target(o), Output(*)');
xlabel('data ke-');
ylabel('target/output');
grid; pause;
[m2,c2,r2]=postreg(b,TQ)
pause;
plot(t,TQ,'go',t,b,'r*');
text(t,b,int2str(t));
title('hasil pengujian data cek:target(o), Output(*)');
xlabel('data ke-');
ylabel('target/output');
grid;
```

B. Listing Program CodeVisionAVR

```
/******
```

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :

Date : 1/5/2015
Author : DooBee
Company : Bucil
Comments:

Chip type : ATmega16
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 12.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256

*****/

```
#include <mega16.h>
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
unsigned char tampil[33];
float a, DataArus;
float T11=10, T12=12, T21=1, T22=12;
float teg=12;
float w1=-4.3349,w2=36.1657,b2=8.8407;
float xT1,xT2,hasil=0;
double arus = 0;
int i;
// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x00

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
```

```
return ADCW;
}

// Declare your global variables here

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
```

```
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTB Bit 0
// RD - PORTB Bit 1
// EN - PORTB Bit 2
// D4 - PORTB Bit 4
```

```
// D5 - PORTB Bit 5
// D6 - PORTB Bit 6
// D7 - PORTB Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    // Place your code here
    arus=0;
    for( i=0;i<1000;i++)
    {
        a= read_adc(1);           //baca sensor
        arus= arus+(0.049*a-25.45); //kalibrasi sensor arus
    }
    DataArus = arus/1000;

    // Perhitungan
    xT1=exp(-((pow((DataArus-T11),2))+pow((teg-T12),2))));
    xT2=exp(-((pow((DataArus-T21),2))+pow((teg-T22),2))));
    hasil = (w1*xT1)+(w2*xT2)+b2;
    // tampil di LCD
    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(tampil,"I: %1.2f A",DataArus);
    lcd_puts(tampil);
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(tampil,"sisa: %1.2f jam",hasil);
    lcd_puts(tampil);
    delay_ms(50);
    lcd_clear();
}
}
```